

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

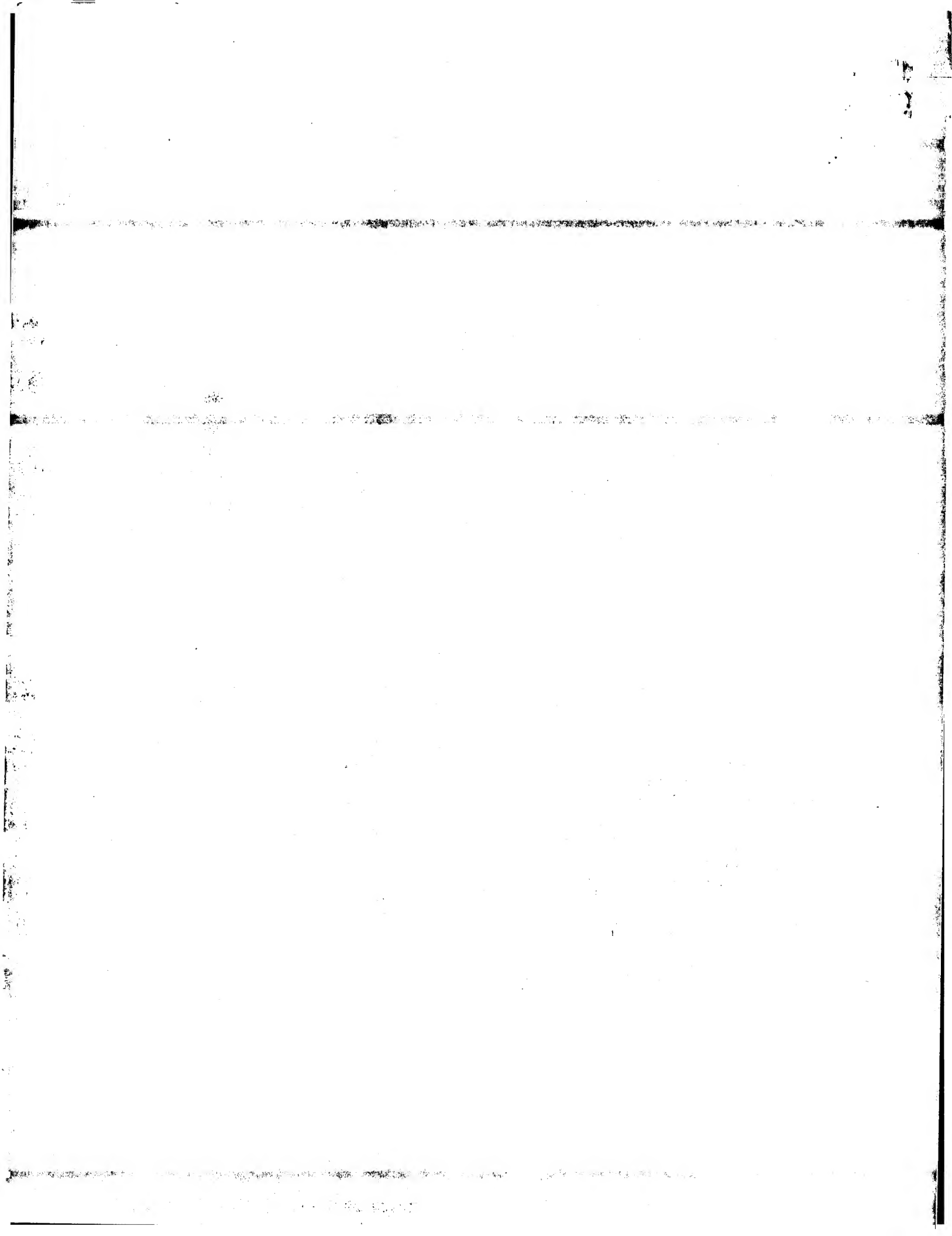
**R flectiv photo l ctric barri r compris s s nder which emits polarised light,
r flector and r c iver.**

Patent Number: DE19924470
Publication date: 2000-09-21
Inventor(s): KLINGELHOEFER CHRISTIAN (DE); BAYER ULRICH (DE)
Applicant(s): BALLUFF GEBHARD FEINMECH (DE)
Requested Patent: ☐ DE19924470
Application Number: DE19991024470 19990528
Priority Number(s): DE19991024470 19990528
IPC Classification: G01V8/14; G01J4/00
EC Classification: G01V8/14, G08B13/184
Equivalents:

Abstract

A reflective photoelectric barrier for detecting an object in an object area, comprises a sender (106) which emits polarised light over the object area, a reflector (132) for reflecting the light, and a receiver (108) for detecting the light from the reflector. The photoelectric barrier has a double refractive layer located between the reflector and the object area.

Data supplied from the esp@cenet database - I2





①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 199 24 470 A 1**

⑤① Int. Cl. 7:
G 01 V 8/14
G 01 J 4/00

②① Aktenzeichen: 199 24 470.7
②② Anmeldetag: 28. 5. 1999
④③ Offenlegungstag: 21. 9. 2000

DE 199 24 470 A 1

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦① Anmelder:
Gebhard Balluff Fabrik feinmechanischer
Erzeugnisse GmbH & Co, 73765 Neuhausen, DE

⑦④ Vertreter:
HOEGER, STELLRECHT & PARTNER
PATENTANWÄLTE GBR, 70182 Stuttgart

⑦② Erfinder:
Klingelhöfer, Christian, Dr., 72622 Nürtingen, DE;
Bayer, Ulrich, 73765 Neuhausen, DE

⑤⑥ Entgegenhaltungen:
DE 198 01 632 A1
NAUMANN, H./SCHRÖDER, G.: Bauelemente der
Optik,
Carl Hanser Verlag, München/Wien, 1983,
S. 504-511;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Reflexionslichtschranke und Verfahren zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum sowie Reflektoreinheit für eine solche Reflexionslichtschranke

⑤⑦ Um eine Reflexionslichtschranke zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum, umfassend eine Sendeeinheit zum Emittieren von polarisiertem Licht über den Objektraum hinweg, welcher einen Sender umfaßt, einen Reflektor zum Reflektieren des über den Objektraum hinweg emittierten Lichtes und einen Empfänger zum Detektieren des vom Reflektor reflektierten Lichtes, so zu verbessern, daß die bei Abwesenheit eines Objekts aus dem Objektraum am Empfänger gemessene Lichtintensität im Verhältnis zu der vom Sender emittierten Lichtintensität erhöht wird und dennoch eine Fehlfunktion der Reflexionslichtschranke aufgrund metallisch spiegelnder Oberflächen an den zu detektierenden Objekten vermieden wird, wird vorgeschlagen, daß die Reflexionslichtschranke ferner eine doppelbrechende Schicht umfaßt, die im Lichtweg zwischen dem Objektraum und dem Reflektor angeordnet ist.

DE 199 24 470 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Reflexionslichtschranke zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum, umfassend eine Sendeeinheit zum Emittieren von polarisiertem Licht über den Objektraum hinweg, welche einen Sender umfaßt, einen Reflektor zum Reflektieren des über den Objektraum hinweg emittierten Lichtes und einen Empfänger zum Detektieren des vom Reflektor reflektierten Lichts.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum mittels einer Reflexionslichtschranke, bei dem von einer Sendeeinheit polarisiertes Licht über den Objektraum hinweg emittiert wird, das über den Objektraum hinweg gelangte Licht mittels eines Reflektors reflektiert wird, das vom Reflektor reflektierte Licht mittels eines Polarisationsfilters gefiltert wird und das vom Polarisationsfilter gefilterte Licht mittels eines Empfängers detektiert wird.

Solche Reflexionslichtschranken und Verfahren zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum sind aus dem Stand der Technik bekannt.

Mittels Lichtschranken können Objekte detektiert werden, die den Strahlengang zwischen dem Sender und dem Empfänger ganz oder teilweise abdecken und somit eine Signaländerung am Empfänger erzeugen.

Bei Reflexionslichtschranken wird das vom Sender emittierte Licht von dem Reflektor in den Empfänger zurückreflektiert. Häufig befinden sich Sender und Empfänger der Reflexionslichtschranke in einem gemeinsamen Gehäuse.

Ein Objekt wird dann detektiert, wenn der Strahlengang zwischen dem Sender und dem Reflektor und/oder zwischen dem Reflektor und dem Empfänger ganz oder teilweise durch das Objekt abgedeckt wird.

Eine Fehlfunktion der Reflexionslichtschranke kann jedoch auftreten, wenn das von dem Sender emittierte und auf die Oberfläche des zu detektierenden Objektes auftreffende Licht in den Empfänger zurückreflektiert wird.

Im allgemeinen reflektieren die zu detektierenden Objekte das auf dieselben auffallende Licht gerichtet oder diffus.

Die Leuchtdichte diffus reflektierten Lichtes ist dabei sehr gering, da das auftreffende Licht wie bei einem Lambert-Strahler gleichmäßig in einen Halbraum zurückreflektiert wird. Dadurch, daß die Schaltschwelle des Empfängers auf eine Lichtintensität festgelegt wird, welche oberhalb der Intensität des diffus reflektierten Lichtes liegt, kann daher ausgeschlossen werden, daß ein diffus reflektierendes Objekt einen nicht unterbrochenen Strahlengang vortäuscht.

Die Leuchtdichte gerichtet reflektierter Strahlung ist jedoch um Größenordnungen höher als die der diffus reflektierten Strahlung. Eine solche gerichtete Reflexion erfolgt insbesondere an metallisch spiegelnden Oberflächen.

Solche gerichtet reflektierenden Oberflächen zu detektierender Objekte können demnach zu einer Fehlfunktion der Reflexionslichtschranke führen, wenn die gerichtet reflektierende Oberfläche des zu detektierenden Objekts so ausgerichtet ist, daß das vom Sender kommende Licht genau in den Empfänger zurückreflektiert wird.

Um eine solche Fehlfunktion aufgrund gerichtet reflektierender Oberflächen zu vermeiden, ist es bekannt, das vom Sender emittierte Licht linear zu polarisieren und das zum Empfänger zurückreflektierte Licht vor dem Auftreffen auf den Empfänger ein Linearpolarisationsfilter passieren zu lassen; dessen Durchlaßrichtung um 90° gegenüber der Polarisationsrichtung des vom Sender emittierten Lichts gedreht ist.

Da bei der Reflexion an einer metallischen, gerichtet re-

flektierenden Oberfläche die Polarisationsebene des reflektierten Lichts mit der Polarisationsebene des einfallenden Lichts übereinstimmt, kann das an der metallischen, gerichtet reflektierenden Oberfläche reflektierte Licht das Linearpolarisationsfilter vor dem Empfänger nicht passieren, so daß das von dem zu detektierenden Objekt reflektierte Licht nicht zur am Empfänger gemessenen Lichtintensität beiträgt und eine gerichtet reflektierende Oberfläche an dem zu detektierenden Objekt somit keinen ununterbrochenen Strahlengang vortäuschen kann.

Reflexionslichtschranken der vorstehend beschriebenen Art werden als "polarisierende Reflexionslichtschranken" bezeichnet.

Nachteilig bei den bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken ist jedoch, daß das dem Empfänger vorgeschaltete Linearpolarisationsfilter auch einen beträchtlichen Anteil des am Reflektor der Reflexionslichtschranke reflektierten Lichtes ausblendet, so daß auch bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum die am Empfänger gemessene Lichtintensität deutlich geringer ist als die vom Sender emittierte Lichtintensität.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Reflexionslichtschranke und ein Verfahren zum Detektieren eines Objekts in einem Objektraum der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß die bei Abwesenheit eines Objekts aus dem Objektraum am Empfänger gemessene Lichtintensität im Verhältnis zu der vom Sender emittierten Lichtintensität erhöht wird und dennoch eine Fehlfunktion der Reflexionslichtschranke aufgrund metallisch spiegelnder Oberflächen an den zu detektierenden Objekten vermieden wird.

Diese Aufgabe wird bei einer Reflexionslichtschranke mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 1 erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Reflexionslichtschranke ferner eine doppelbrechende Schicht umfaßt, die im Lichtweg zwischen dem Objektraum und dem Reflektor angeordnet ist.

Eine doppelbrechende Schicht weist eine optische Anisotropie auf, das heißt, der Brechungsindex und damit die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Licht, das in die doppelbrechende Schicht eintritt, hängen von der Polarisationsrichtung dieses Lichtes ab.

Üblicherweise wird eine doppelbrechende Schicht so aus einem doppelbrechenden Kristall geschnitten, daß der minimale Brechungsindex (und damit die maximale Ausbreitungsgeschwindigkeit) für eine linear polarisierte Lichtwelle mit Ausbreitungsrichtung senkrecht zu den Schnittflächen der doppelbrechenden Schicht erreicht wird. Die Polarisationsrichtung, längs welcher linear polarisiertes Licht die höchste Ausbreitungsgeschwindigkeit aufweist, wird als "schnelle Achse" der doppelbrechenden Schicht bezeichnet. Diese schnelle Achse liegt bei der vorstehend beschriebenen Herstellungsweise der doppelbrechenden Schicht parallel zu den Grenzflächen der doppelbrechenden Schicht.

Ebenfalls parallel zu den Grenzflächen der doppelbrechenden Schicht, jedoch senkrecht zur schnellen Achse ist die sogenannte "langsame Achse" der doppelbrechenden Schicht ausgerichtet. Linear polarisiertes Licht mit einer Polarisationsrichtung längs der langsamen Achse der doppelbrechenden Schicht weist eine minimale Ausbreitungsgeschwindigkeit in der doppelbrechenden Schicht auf, was einem maximalen Brechungsindex entspricht.

Trifft auf die doppelbrechende Schicht linear polarisiertes Licht auf, so wird dieses Licht in eine erste Komponente mit zu der schnellen Achse paralleler Polarisationsrichtung und eine zweite Komponente mit zu der langsamen Achse paralleler Polarisationsrichtung zerlegt. Diese beiden Komponenten laufen mit unterschiedlichen Ausbreitungsgeschwin-

digkeiten durch die doppelbrechende Schicht, so daß die beiden Komponenten nach Durchlaufen der doppelbrechenden Schicht einen Gangunterschied aufweisen, welcher von der Dicke der doppelbrechenden Schicht und von der Brechzahl Differenz zwischen der schnellen Achse und der langsamen Achse abhängt.

Weist das einfallende linear polarisierte Licht eine Polarisationsrichtung auf, welche parallel zur schnellen Achse oder parallel zur langsamen Achse der doppelbrechenden Schicht ausgerichtet ist, so bleibt der lineare Polarisationszustand dieses Lichts durch die doppelbrechende Schicht unverändert, da in diesem Fall keine Aufspaltung in zwei Komponenten unterschiedlicher Ausbreitungsgeschwindigkeit erfolgt.

Liegt die Polarisationsrichtung des linear polarisierten einfallenden Lichts jedoch zwischen der schnellen Achse und der langsamen Achse der doppelbrechenden Schicht, so tritt aufgrund des Gangunterschieds zwischen der Komponente mit Polarisationsrichtung parallel zu der schnellen Achse und der Komponente mit Polarisationsrichtung parallel zur langsamen Achse der doppelbrechenden Schicht aus der doppelbrechenden Schicht Licht mit einem veränderten Polarisationszustand aus.

Je nach Dicke und Brechzahl Differenz der doppelbrechenden Schicht wird das einfallende linear polarisierte Licht dabei in zirkular oder elliptisch polarisiertes Licht umgewandelt.

Tritt dieses zirkular oder elliptisch polarisierte Licht nach Reflexion an dem Reflektor der Reflexionslichtschranke in umgekehrter Richtung nochmals durch die doppelbrechende Schicht, so wird dieses zirkular oder elliptisch polarisierte Licht wieder in linear polarisiertes Licht umgewandelt, dessen Polarisationsrichtung jedoch gegenüber der Polarisationsrichtung des ursprünglich auf die doppelbrechende Schicht eingefallenem Lichtes gedreht ist.

Durch die erfindungsgemäß im Lichtweg zwischen dem Objektraum und dem Reflektor der Reflexionslichtschranke angeordnete doppelbrechende Schicht wird also erreicht, daß das bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum zum Empfänger zurückreflektierte Licht eine Polarisationsrichtung aufweist, welche gegenüber der Polarisationsrichtung des von der Sendeeinheit über den Objektraum hinweg emittierten Lichts verschieden ist. Da das vor dem Empfänger angeordnete Linearpolarisationsfilter nur solches Licht passieren läßt, dessen Polarisationsrichtung senkrecht zu der Polarisationsrichtung des von der Sendeeinheit emittierten Lichts ausgerichtet ist, wird durch diese Maßnahme also die Intensität des bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum am Empfänger detektierten Lichts erhöht.

Daß bei den bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken, welche keine doppelbrechende Schicht im Lichtweg zwischen dem Objektraum und dem Reflektor aufweisen, im Falle der Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum überhaupt eine von null verschiedene Lichtintensität am Empfänger gemessen wird, liegt daran, daß die bei diesen bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken verwendeten Reflektoren den Polarisationszustand des auf sie einfallenden Lichtes nicht erhalten, sondern depolarisierend wirken, so daß das von diesen Reflektoren zum Empfänger zurückreflektierte Licht im wesentlichen unpolarisiert ist und somit stets auch eine Komponente aufweist, welche parallel zur Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters vor dem Empfänger schwingt.

Dies bedeutet jedoch, daß bei diesen bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken maximal die Hälfte der zu dem Empfänger zurückreflektierten Lichtintensität das Linearpolarisationsfilter vor dem Empfänger passieren und so-

mit detektiert werden kann. Im Gegensatz hierzu kann bei der erfindungsgemäßen Reflexionslichtschranke ein Reflektor verwendet werden, welcher das auf denselben auffallende Licht nicht depolarisiert, sondern dessen polarisierten Zustand erhält. Wird die doppelbrechende Schicht so ausgebildet, daß sie die Polarisationsrichtung des Lichtes beim zweimaligen Durchlaufen der doppelbrechenden Schicht (einmal vor und einmal nach der Reflexion an dem Reflektor) um 90° dreht, so kann erreicht werden, daß das gesamte von der Sendeeinheit über den Objektraum hinweg emittierte Licht bei Abwesenheit eines Objektes aus dem Objektraum durch das Linearpolarisationsfilter vor dem Empfänger zu dem Empfänger gelangen kann. Bei einer erfindungsgemäßen Reflexionslichtschranke kann somit die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum am Empfänger gemessene Lichtintensität um einen Faktor 2 höher sein als bei den aus dem Stand der Technik bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken.

Das erfindungsgemäße Konzept beruht auf der Erkenntnis, daß die Polarisationsrichtung des auf den Reflektor einfallenden Lichtes gedreht werden muß, um die maximale Lichtintensität am Empfänger erhalten zu können, da der Reflektor selbst die Polarisationsrichtung des auf denselben einfallenden Lichtes entweder gar nicht ändert oder dieses Licht lediglich depolarisiert.

Im Gegensatz hierzu sind die Hersteller von polarisierenden Reflexionslichtschranken bislang davon ausgegangen, daß die Polarisationsrichtung linear polarisierten Lichts durch die üblicherweise bei solchen Lichtschranken verwendeten Retroreflektoren bei der Reflexion um 90° gedreht werde. Unter einem Retroreflektor ist dabei ein Reflektor zu verstehen, welcher einfallende Lichtstrahlen überwiegend in dieselbe Richtung reflektiert, aus der sie auf den Retroreflektor treffen. Solche Retroreflektoren bestehen aus einer Vielzahl von Elementar-Retroreflektoren, welche beispielsweise als Tripelspiegel oder Kugellinsen ausgebildet sein können.

Nun verhält es sich aber so, daß ein idealer Tripelspiegel oder auch ein Kugellinsenreflektor die Polarisationsrichtung einfallenden linear polarisierten Lichts nicht dreht, sondern exakt erhält. Folglich trifft die bisherige Auffassung nicht zu, wonach Retroreflektoren die Polarisationsrichtung einfallenden linear polarisierten Lichts um 90° drehen. Es mußte daher ein technisches Vorurteil betreffend die Auswirkung von Retroreflektoren auf die Polarisationsrichtung einfallenden Lichts überwunden werden, um zur erfindungsgemäßen Lösung zu gelangen.

Wie bereits erwähnt, ist die am Empfänger bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum meßbare Lichtintensität dann besonders hoch, wenn die Polarisationsrichtung des Lichtes beim zweimaligen Durchlaufen der doppelbrechenden Schicht um 90° gedreht wird. Dies läßt sich dadurch erreichen, daß die doppelbrechende Schicht als Viertelwellenverzögerungsschicht ausgebildet ist.

Eine Viertelwellenverzögerungsschicht ist eine doppelbrechende Schicht, die eine solche Dicke und eine solche Brechzahl Differenz zwischen der schnellen Achse und der langsamen Achse aufweist, daß der Gangunterschied zwischen der Komponente mit Polarisationsrichtung parallel zur schnellen Achse und der Komponente mit Polarisationsrichtung parallel zur langsamen Achse nach einmaligem Durchlaufen der doppelbrechenden Schicht einem Phasenunterschied von $\pi/2$ entspricht. Schließt die Polarisationsrichtung des auf eine solche Viertelwellenverzögerungsschicht einfallenden, linear polarisierten Lichts mit der schnellen und mit der langsamen Achse jeweils gleiche Winkel ein, so wird dieses linear polarisierte Licht durch die

Viertelwellenverzögerungsschicht in zirkular polarisiertes Licht umgewandelt. Durchläuft das zirkular polarisierte Licht nach Reflexion am Reflektor die Viertelwellenverzögerungsschicht nochmals in umgekehrter Richtung, so wird dieses Licht in linear polarisiertes Licht gewandelt, dessen Polarisationsrichtung gegenüber der Polarisationsrichtung des ursprünglich einfallenden Lichtes um 90° gedreht ist.

Da die Brechzahl der Viertelwellenverzögerungsschicht wellenlängenabhängig ist, wirkt diese Schicht nur für Licht bestimmter diskreter Wellenlängen exakt als Viertelwellenverzögerungsschicht.

Unter einer "Viertelwellenverzögerungsschicht" im Sinne dieser Beschreibung ist daher eine solche doppelbrechende Schicht zu verstehen, die für mindestens eine der im vom Sender emittierten Detektionslicht enthaltenen Lichtwellenlängen als Viertelwellenverzögerungsschicht wirkt.

Schließt die Polarisationsrichtung auf die Viertelwellenverzögerungsschicht einfallenden linear polarisierten Lichtes mit der schnellen Achse und mit der langsamen Achse der Viertelwellenverzögerungsschicht unterschiedliche Winkel ein, so wandelt die doppelbrechende Schicht dieses Licht in elliptisch polarisiertes Licht um. Durchläuft dieses elliptisch polarisierte Licht nach Reflexion am Reflektor die Viertelwellenverzögerungsschicht nochmals in umgekehrter Richtung, so wird das elliptisch polarisierte Licht in linear polarisiertes Licht gewandelt, dessen Polarisationsrichtung um einen von 90° verschiedenen Winkel gegenüber der Polarisationsrichtung des ursprünglich einfallenden Lichtes gedreht ist.

Durch Verdrehen der schnellen Achse der doppelbrechenden Schicht in Bezug auf die Polarisationsrichtung des auf diese Schicht einfallenden Lichtes kann somit der Drehwinkel eingestellt werden, um den die Polarisationsrichtung des Lichtes durch die doppelbrechende Schicht gedreht wird. Somit ist es durch Verdrehen der doppelbrechenden Schicht in einfacher Weise möglich, die am Empfänger bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum gemessene Lichtintensität und somit die Empfindlichkeit der Reflexionslichtschranke einzustellen.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist daher vorgesehen, daß die doppelbrechende Schicht um deren optische Achse drehbar ist.

Um den Drehwinkel der schnellen Achse der doppelbrechenden Schicht leicht einstellen und ablesen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die doppelbrechende Schicht in einer Fassung gehalten ist und die Fassung mit einer Markierung zur Anzeige der Ausrichtung der doppelbrechenden Schicht versehen ist.

Grundsätzlich kann die doppelbrechende Schicht beliebig in Bezug auf den Reflektor ausgerichtet sein.

Bevorzugt wird jedoch eine Ausgestaltung, bei der die doppelbrechende Schicht drehfest mit dem Reflektor verbunden ist.

Wie bereits erläutert, ist es bei der erfindungsgemäßen Reflexionslichtschranke zur Erzielung einer möglichst großen Lichtintensität am Empfänger bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum von Vorteil, wenn der Reflektor auf denselben einfallendes Licht möglichst wenig depolarisiert. Vorteilhafterweise ist daher vorgesehen, daß der Reflektor einen Anteil von mindestens ungefähr 80% des auf den Reflektor einfallenden linear polarisierten Lichts unter Erhaltung der Polarisationsrichtung reflektiert.

Ferner ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß der Reflektor die Drehrichtung auf den Reflektor einfallenden zirkular polarisierten Lichtes umkehrt.

Um bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum eine möglichst hohe Intensität am Empfän-

ger zu erzielen, ist es günstig, wenn der Reflektor als Retroreflektor ausgebildet ist.

Wie bereits erwähnt, können die Elementar-Retroreflektoren des Retroreflektors beispielsweise als Tripelspiegel oder als Kugellinsenreflektoren ausgebildet sein.

Bei Tripelspiegeln wird der einfallende Lichtstrahl an drei senkrecht zueinander stehenden Flächen gespiegelt, wodurch der aus dem Tripelspiegel ausfallende Lichtstrahl genau in die Richtung des einfallenden Lichtstrahls, jedoch in zur Einfallrichtung senkrechter Richtung verschoben, zurückgeworfen wird.

Bei Kugellinsenreflektoren wird das einfallende Lichtstrahlenbündel durch eine Kugellinse auf eine in geeignetem Abstand zur Kugellinse befindliche sphärische Spiegelfläche fokussiert. Das aus dem Fokus zurückreflektierte Licht wird durch die Kugellinse wieder kollimiert und parallel zur Einfallrichtung zurückgeworfen. Hierbei kommt es zu keiner Verschiebung des zurückreflektierten Lichts in einer Richtung senkrecht zur Einfallrichtung.

Besonders günstig ist es, wenn der Reflektor eine Retroreflexionsfolie umfaßt. Solche retroreflektierende Folien sind bei gleicher Flächenausdehnung preiswerter als Kunststoffreflektoren und in jeder beliebigen Form zuschneidbar. Auch sind solche Retroreflexionsfolien großflächiger als Kunststoffreflektoren erhältlich, so daß unter Verwendung großflächiger Retroreflexionsfolien besonders große Reichweiten, das heißt besonders große Abstände zwischen der Sendeeinheit und dem Reflektor, realisierbar sind.

Ferner bieten Retroreflexionsfolien den Vorteil, daß sie mit kleineren Elementar-Retroreflektoren als Kunststoffreflektoren herstellbar sind. Dies bietet insbesondere dann Vorteile, wenn der Sender nur einen kleinen Lichtfleck am Reflektor erzeugt, wie dies beispielsweise bei Verwendung eines Lasers als Sender der Fall ist. Sind die Elementarreflektoren größer als der am Reflektor erzeugte Lichtfleck, so kann dies zu Fehlfunktionen führen, da der vom Reflektor reflektierte Lichtstrahl in Abhängigkeit von dem Ort, an dem der Strahl in den Elementarreflektor fällt, unterschiedlich stark verschoben wird und daher unter Umständen nicht mehr oder nur noch teilweise zum Empfänger zurückreflektiert wird. Kleine Elementar-Retroreflektoren sind daher zu bevorzugen, als Kunststoffreflektor jedoch nur sehr kostspielig herzustellen.

Um eine möglichst große Differenz zwischen den Lichtintensitäten zu erhalten, welche vom Empfänger bei Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes im Objektraum einerseits und bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum andererseits gemessen werden, ist es von Vorteil, wenn der Reflektor in Form und Ausdehnung dem Schattenbild des zu detektierenden Objekts am Ort des Reflektors entspricht. Dadurch wird erreicht, daß das gesamte zum Empfänger zurückgelangende Detektionslicht bei Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes in dem Objektraum durch dieses Objekt modifiziert, das heißt an diesem Objekt gestreut oder reflektiert oder durch dieses Objekt depolarisiert worden ist. Hingegen gelangt in diesem Fall bei Anwesenheit eines zu detektierenden Objekts im wesentlichen kein Licht mehr ungestört vom Sender zum Reflektor und von diesem zurück zum Empfänger.

Retroreflexionsfolien eignen sich in besonderer Weise dazu, so zugeschnitten zu werden, daß sie in Gestalt und Größe dem von einem zu detektierenden Objekt am Ort des Reflektors erzeugten Schattenbild entsprechen.

Zur Art des verwendeten Senders wurden bislang keine Angaben gemacht.

Besonders geeignet ist ein als Laserlichtquelle ausgebildeter Sender. Das von einer Laserlichtquelle ausgesandte Lichtbündel weist eine geringe Divergenz auf, so daß sich

das Detektionslichtbündel auch bei großem Abstand zwischen der Sendeeinheit und dem Reflektor nur geringfügig aufweitet, so daß die am Empfänger bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum gemessene Intensität besonders hoch ist.

Ferner ist das Laser-Detektionslicht im wesentlichen monochromatisch, so daß die doppelbrechende Schicht für das gesamte Detektionslicht als Viertelwellenverzögerungsschicht wirken kann.

Besonders günstig ist es, wenn die Laserlichtquelle linear polarisiertes Licht emittiert. In diesem Fall kann darauf verzichtet werden, in der Sendeeinheit einen Linearpolarisator zur Erzeugung linear polarisierten Detektionslichts vorzusehen.

Bei den bekannten polarisierenden Reflexionslichtschranken wird ein zwischen dem Sender und dem Objektraum angeordneter Linearpolarisator und ein zwischen dem Empfänger und dem Objektraum angeordnetes Linearpolarisationsfilter verwendet.

Alternativ hierzu ist es jedoch auch möglich, ein Zirkularpolarisationsfilter vorzusehen, das im Lichtweg zwischen dem Sender und dem Objektraum und zwischen dem Objektraum und dem Empfänger angeordnet ist.

Von dem Sender emittiertes, durch das Zirkularpolarisationsfilter zirkular polarisiertes Licht wird von einer Reflektoreinheit, welche eine Viertelwellenverzögerungsschicht und einen Reflektor umfaßt, als zirkular polarisiertes Licht unter Erhaltung des Drehsinnes zurückreflektiert, so daß das zurückreflektierte Licht das Zirkularpolarisationsfilter vollständig passieren und zum Empfänger gelangen kann.

Wird das emittierte zirkular polarisierte Licht jedoch von einem zu detektierenden Objekt gerichtet zurückreflektiert, so kehrt sich bei der Reflexion der Drehsinn des zirkular polarisierten Detektionslichts um, so daß das zurückreflektierte Detektionslicht das Zirkularpolarisationsfilter vor dem Empfänger nicht passieren kann.

Das Zirkularpolarisationsfilter entspricht von seiner Funktion her also der Kombination aus einem zwischen dem Sender und dem Objektraum angeordneten Linearpolarisator und einem zwischen dem Objektraum und dem Empfänger angeordneten Linearpolarisationsfilter mit zu der Durchlaßrichtung des Linearpolarisators senkrechter Durchlaßrichtung.

Durch die Verwendung eines einzigen Zirkularpolarisationsfilters anstelle eines Linearpolarisators und eines Linearpolarisationsfilters, deren Durchlaßrichtungen unter einem Winkel von genau 90° zueinander ausgerichtet sein müssen, wird die Fertigung der Reflexionslichtschranke wesentlich vereinfacht, da das sonst erforderliche exakte Ausstanzen des Linearpolarisators und des Linearpolarisationsfilters aus einer Linearpolarisationsfolie und das exakte Ausrichten des Linearpolarisators und des Linearpolarisationsfilters relativ zueinander entfallen.

Um das Zirkularpolarisationsfilter zu schützen, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß dasselbe mit einer kratzunempfindlichen Abdeckung, insbesondere einer Abdeckung aus Polymethylmethacrylat, versehen ist.

Besonders günstig ist es, wenn diese Abdeckung eine Beschichtung aus Polysiloxan aufweist.

Da die Ausrichtung des Zirkularpolarisationsfilters sowohl in Bezug auf den Sender und den Empfänger als auch in Bezug auf den Reflektor beliebig ist, kann das Zirkularpolarisationsfilter beispielsweise direkt an dem Sender angeordnet, insbesondere auf den Sender aufgeklebt, sein.

Ergänzend oder alternativ hierzu kann vorgesehen sein, daß das Zirkularpolarisationsfilter direkt an dem Empfänger angeordnet, insbesondere auf den Empfänger aufgeklebt, ist.

Die Verbindung des Zirkularpolarisationsfilters mit dem Sender oder mit dem Empfänger kann dabei vor dem Zusammenbau der Sende- und Empfangseinheit der Reflexionslichtschranke erfolgen, da, wie bereits erwähnt, die Ausrichtung des Zirkularpolarisationsfilters in Bezug auf die übrigen Elemente der Reflexionslichtschranke beliebig ist.

Wegen der Beliebigkeit der Ausrichtung des Zirkularpolarisationsfilters in Bezug auf die übrigen Elemente der Reflexionslichtschranke ist es auch ohne weiteres möglich, eine nicht polarisierte Reflexionslichtschranke nachträglich mit einem solchen Zirkularpolarisationsfilter auszurüsten, wodurch die Störsicherheit dieser Reflexionslichtschranke in Bezug auf zu detektierende Objekte mit gerichtet reflektierenden Oberflächen verbessert werden kann.

Eine solche Nachrüstung gestaltet sich besonders einfach, wenn vorteilhafterweise vorgesehen ist, daß das Zirkularpolarisationsfilter in einer Fassung gehalten ist, welche lösbar an einem Gehäuse der Sendeeinheit gehalten ist.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ferner durch eine Reflektoreinheit für eine Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 18 gelöst, welche einen Reflektor zum Reflektieren des über den Objektraum hinweg emittierten Lichtes und eine doppelbrechende Schicht umfaßt, die im Lichtweg zwischen dem Objektraum und dem Reflektor angeordnet ist.

Besondere Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Reflektoreinheit sind Gegenstand der Ansprüche 20 bis 27, deren Vorteile bereits im Zusammenhang mit den besonderen Ausgestaltungen der Reflexionslichtschranke gemäß den Ansprüchen 2 bis 9 erläutert worden sind.

Ferner wird die der Erfindung zugrundeliegende Aufgabe bei einem Verfahren mit den Merkmalen des Oberbegriffs von Anspruch 28 erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß das über den Objektraum hinweg gelangte Licht vor und nach der Reflexion an dem Reflektor durch eine doppelbrechende Schicht geführt wird.

Dadurch, daß das Detektionslicht vor und nach der Reflexion an dem Reflektor durch die doppelbrechende Schicht geführt wird, wird die Polarisationsrichtung des zum Empfänger zurückgelangenden Lichtes gegenüber der Polarisationsrichtung des von der Sendeeinheit emittierten Lichtes gedreht, so daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum am Empfänger gemessene Lichtintensität erhöht wird.

Wie bereits im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Reflexionslichtschranke ausgeführt, ist es von Vorteil, wenn eine als Viertelwellenverzögerungsschicht ausgebildete doppelbrechende Schicht verwendet wird.

Bei einer bevorzugten Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist vorgesehen, daß das von der Sendeeinheit emittierte Licht linear polarisiert ist, das vom Reflektor reflektierte Licht mittels eines Linearpolarisationsfilters gefiltert wird und die doppelbrechende Schicht relativ zu der Polarisationsrichtung des von der Sendeeinheit emittierten linear polarisierten Lichts so ausgerichtet wird, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger detektierte Lichtintensität nahe einer vorgegebenen Schwellenintensität liegt.

Dadurch wird erreicht, daß die vorgegebenen Schwellenintensität schon dann unter- oder überschritten wird, wenn das zu detektierende Objekt das zur Detektion verwendete Licht nur geringfügig modifiziert, also beispielsweise nur geringfügig absorbiert oder depolarisiert.

Um nur schwach absorbierende Objekte zu detektieren, wird dabei die doppelbrechende Schicht vorteilhafterweise so ausgerichtet, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger detektierte Lichtintensität knapp oberhalb der vorgegebenen Schwellenintensität liegt.

In diesem Fall unterschreitet die am Empfänger gemessene Lichtintensität den vorgegebenen Schwellenwert bereits dann, wenn ein nur schwach absorbierendes zu detektierendes Objekt in den Objektraum eingeführt wird.

Um im wesentlichen transparente, jedoch eine depolarisierende Wirkung aufweisende Objekte im Objektraum zu detektieren, wird die doppelbrechende Schicht hingegen vorteilhafterweise so ausgerichtet, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger detektierte Lichtintensität im wesentlichen minimal wird. In diesem Fall hat jede Änderung des Polarisationszustandes des Detektionslichtes im Lichtweg zwischen dem Sender und dem Empfänger einen Anstieg der am Empfänger gemessenen Lichtintensität zur Folge. Wird ein im wesentlichen transparentes, jedoch depolarisierendes zu detektierendes Objekt in den Objektraum eingeführt, so steigt die am Empfänger gemessene Lichtintensität demnach aufgrund der depolarisierenden Wirkung des zu detektierenden Objekts an, so daß bei Überschreiten einer vorgegebenen Schwellenintensität ein die Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes anzeigendes Signal ausgegeben werden kann.

Um auch solche Objekte detektieren zu können, welche eine nur schwach depolarisierende Wirkung aufweisen, ist in diesem Fall vorteilhafterweise vorgesehen, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger detektierte Lichtintensität knapp unterhalb einer vorgegebenen Schaltschwellenintensität liegt, so daß bereits eine geringe Erhöhung der am Empfänger gemessenen Lichtintensität genügt, um die Ausgabe eines die Anwesenheit eines zu detektierenden Objekts im Objektraum anzeigenden Signals zu veranlassen.

Weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung und zeichnerischen Darstellung von Ausführungsbeispielen.

In den Zeichnungen zeigen:

Fig. 1 eine vereinfachte perspektivische Darstellung einer ersten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke, deren Sendeeinheit einen Linearpolarisator und deren Reflektoreinheit eine drehbare Viertelwellenschicht umfaßt;

Fig. 2 eine schematische Darstellung des Aufbaus der ersten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke aus **Fig. 1** und deren Funktionsweise bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts aus dem Objektraum;

Fig. 3 eine schematische Darstellung des Aufbaus und der Funktionsweise eines Tripelspiegel-Elementarreflektors;

Fig. 4 eine schematische Darstellung der Ausrichtung der Viertelwellenschicht der Reflektoreinheit der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke in einem ersten Betriebsmodus, der der Detektion nicht transparenter Objekte dient;

Fig. 5 eine schematische Darstellung des Aufbaus der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke und deren Funktionsweise in dem ersten Betriebsmodus bei Anwesenheit eines gerichtet reflektierenden Objekts im Objektraum;

Fig. 6 eine schematische Darstellung des Aufbaus der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke und deren Funktionsweise in einem zweiten Betriebsmodus, welcher der Detektion eines transparenten Objekts dient, bei Abwesenheit des Objekts aus dem Objektraum;

Fig. 7 eine schematische Darstellung der Ausrichtung der Viertelwellenschicht der Reflektoreinheit der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke in dem zweiten Betriebsmodus;

Fig. 8 eine schematische Darstellung des Aufbaus der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke und deren Funktionsweise in dem zweiten Betriebsmodus bei Anwesenheit eines transparenten, depolarisierenden Objekts

im Objektraum;

Fig. 9 eine vereinfachte perspektivische Darstellung einer zweiten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke, die eine Sendeeinheit mit Zirkularpolarisationsfilter und eine Reflektoreinheit mit nicht drehbarer Viertelwellenschicht umfaßt;

Fig. 10 eine schematische Darstellung des Aufbaus der zweiten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke und deren Funktionsweise bei Abwesenheit eines Objekts aus dem Objektraum;

Fig. 11 eine schematische Darstellung des Aufbaus der zweiten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke und deren Funktionsweise bei Anwesenheit eines gerichtet reflektierenden Objekts in dem Objektraum; und

Fig. 12 eine schematische Darstellung des Aufbaus einer dritten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke, welche eine autokollimierende Sender- und Empfängeroptik, ein an der Sender- und Empfängeroptik angeordnetes Zirkularpolarisationsfilter und eine an dem Reflektor angeordnete Viertelwellenschicht umfaßt.

Gleiche oder funktional äquivalente Elemente sind in allen Figuren mit denselben Bezugszeichen bezeichnet.

Eine in den **Fig. 1** bis **8** dargestellte, als Ganzes mit **100** bezeichnete erste Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke umfaßt eine Sende- und Empfangseinheit **102** und eine im Abstand von derselben angeordnete Reflektoreinheit **104**.

Der Bereich zwischen der Sende- und Empfangseinheit **102** einerseits und der Reflektoreinheit **104** andererseits wird im folgenden als Objektraum **105** bezeichnet.

Die Sende- und Empfangseinheit **102** umfaßt einen lichtemittierenden Sender **106** und einen lichtdetektierenden Empfänger **108** (**Fig. 2**), welche in einem gemeinsamen Gehäuse **110** (**Fig. 1**) untergebracht sind.

An den Empfänger **108** ist eine Datenleitung **111** angeschlossen, über welche ein die Anwesenheit oder Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts anzeigendes Signal ausgegeben werden kann.

Im Betrieb der Reflexionslichtschranke **100** emittiert der Sender **106**, beispielsweise eine Leuchtdiode, ein Strahlenbündel **112** zunächst unpolarisierten Lichts, welches in der Sende- und Empfangseinheit **102** eine Senderoptik **114** und einen Linearpolarisator **116** durchläuft.

Die Senderoptik **114** dient beispielsweise dazu, die Divergenz des emittierten Strahlenbündels **112** zu verringern.

Der Linearpolarisator **116** dient dazu, aus dem vom Sender **106** emittierten Licht nur diejenigen Anteile passieren zu lassen, deren Polarisationsrichtung mit der Durchlaßrichtung des Linearpolarisators **116** übereinstimmt. Das den Linearpolarisator **116** verlassende Licht ist somit linear in der Durchlaßrichtung des Linearpolarisators **116**, beispielsweise in vertikaler Richtung, polarisiert.

Wie aus **Fig. 1** zu ersehen ist, ist der Linearpolarisator **116** in einem Austrittsfenster **118** des Gehäuses **110** der Sende- und Empfangseinheit **102** angeordnet.

Der Linearpolarisator **116** kann als Polarisationsfolie ausgebildet und auf die Senderoptik **114** aufgeklebt sein.

In einem unterhalb des Austrittsfensters **118** in dem Gehäuse **110** angeordneten Eintrittsfenster **120** ist ein Linearpolarisationsfilter **122** gehalten.

Die Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters **122** ist senkrecht zu der Durchlaßrichtung des Linearpolarisators **116**, also beispielsweise horizontal, ausgerichtet.

Zwischen dem Linearpolarisationsfilter **122** und dem Empfänger **108** ist in der Sende- und Empfangseinheit **102** eine Empfängeroptik **124** angeordnet, welche der Fokussierung eines durch das Eintrittsfenster **120** eintretenden Lichtbündels auf den Empfänger **108** dient.

Das Linearpolarisationsfilter 122 kann beispielsweise als Polarisationsfolie ausgebildet und auf die Empfängeroptik 124 aufgeklebt sein.

Das Gehäuse 110 der Sende- und Empfangseinheit 102 ist mittels (nicht dargestellter) geeigneter Halteelemente an einer Wand oder Stütze gehalten.

Die von der Sende- und Empfangseinheit 102 beabstandete angeordnete Reflektoreinheit 104 umfaßt eine, beispielsweise zylindrisch ausgebildete, Sockelplatte 126 (Fig. 1), welche, mittels (nicht dargestellter) geeigneter Halteelemente an einer Wand oder Stütze festgelegt ist.

An der der Sende- und Empfangseinheit 102 zugewandten Seite der Sockelplatte 126 ist an derselben eine ringförmige Fassung 128 um deren Ringachse drehbar gehalten.

In der Fassung 128 ist eine kreisförmig zugeschnittene Retroreflexionsfolie 130 gehalten, welche einen Reflektor 132 der ersten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 bildet.

Ferner umfaßt die Reflektoreinheit 104 eine Viertelwellenverzögerungsschicht 134, welche auf der der Sende- und Empfangseinheit 102 zugewandten Seite des Reflektors 132 angeordnet ist. Die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 kann als Viertelwellenverzögerungsfolie ausgebildet sein.

Die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 ist entweder direkt in der Fassung 128 gehalten oder drehfest mit dem Reflektor 132 verbunden, beispielsweise auf den Reflektor 132 aufgeklebt, so daß die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 bei einer Drehung der Fassung 128 um deren Achse mitgedreht wird.

Um die Fassung 128 um deren Achse drehen zu können, ist an deren Umfang ein radial nach außen abstehender Handgriff 136 vorgesehen.

Ferner ist die Fassung 128 an ihrem Umfang mit einer Markierung 138, beispielsweise in Form eines Pfeils oder eines Dreiecks, versehen, welche es zusammen mit einer am Umfang der Sockelplatte 126 angeordneten Winkelteilung 140 ermöglicht, den jeweils eingestellten Drehwinkel der Fassung 128 und somit der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 in Bezug auf eine vorgegebene Richtung, beispielsweise die Vertikale, zu ermitteln.

Die der Sende- und Empfangseinheit 102 zugewandte Oberfläche der Retroreflexionsfolie 130 umfaßt eine Vielzahl von Elementarreflektoren, welche beispielsweise als Tripelspiegel 142 (Fig. 3) ausgebildet sind.

Aufbau und Funktionsweise eines solchen Tripelspiegels 142 sind aus Fig. 3 zu ersehen. Jeder Tripelspiegel 142 weist drei paarweise senkrecht zueinander ausgerichtete Reflexionsflächen 144, 146 und 148 auf, welche zusammen eine Ecke eines Würfels bilden.

Fällt ein Lichtstrahl 150 in den Tripelspiegel 142 ein, so wird er nacheinander an den Reflexionsflächen 144, 146 und 148 reflektiert und parallel zu seiner Einfallsrichtung, jedoch in zu der Einfallsrichtung senkrechter Richtung versetzt, von dem Tripelspiegel 142 zurückreflektiert.

Dies gilt unabhängig davon, welchen Winkel die Einfallsrichtung des Lichtstrahls 150 mit den Reflexionsflächen 144, 146 und 148 bildet. Ein Lichtstrahl wird daher von einem idealen Tripelspiegel 142 stets in die Richtung zurückreflektiert, aus der er emittiert wurde. Ein solcher Reflektor wird als Retroreflektor bezeichnet.

Der Betrag, um den ein in den Tripelspiegel 142 einfallender Lichtstrahl 150 bei der Rückreflexion verschoben wird, hängt jedoch davon ab, an welcher Stelle des Tripelspiegels 142 der Lichtstrahl 150 auf den Tripelspiegel 142 auftrifft. Dies wirkt sich um so stärker aus, je größer die Abmessungen des als Elementarreflektor verwendeten Tripelspiegels 142 sind.

Insbesondere dann, wenn eine Lichtquelle, beispielsweise

ein Laser, verwendet wird, die einen Lichtfleck mit kleinem Durchmesser an dem Reflektor 132 erzeugt, wird daher vorzugsweise ein Reflektor 132 verwendet, welcher im Vergleich zur Größe des Lichtfleckes kleine Elementarreflektoren umfaßt.

Die vorstehend beschriebene erste Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 funktioniert in einem ersten Betriebsmodus, der der Detektion nicht-transparenter Objekte in dem Objektraum 105 dient, wie folgt:

Zum Betrieb der Reflexionslichtschranke 100 in dem ersten Betriebsmodus wird die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 durch Drehen der Fassung 128 mittels des Handgriffs 136 in die in Fig. 4 dargestellte Stellung gebracht, in welcher die schnelle Achse 152 und die zu der schnellen Achse 152 senkrecht ausgerichtete langsame Achse 154 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 jeweils einen Winkel α von 45° mit der Durchlaßrichtung 155 des Linearpolarisators 116, das heißt beispielsweise mit der Vertikalen, einschließen.

Im Betrieb der Reflexionslichtschranke 100 emittiert die Sende- und Empfangseinheit 102 ein im allgemeinen divergentes Lichtstrahlenbündel 112 über den Objektraum 105 hinweg zu der Reflektoreinheit 104, von wo das divergente Strahlenbündel 112 (unter Beibehaltung der Bündelachse) zu der Sende- und Empfangseinheit 102 zurückreflektiert wird, wo ein Teil des Lichtstrahlenbündels 112 durch das Eintrittsfenster 120 zum Empfänger 108 gelangt, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist.

Die für das Verständnis der Arbeitsweise der Reflexionslichtschranke 100 wesentlichen Polarisationsverhältnisse des Lichts in dem Lichtstrahlenbündel 112 werden im folgenden unter Bezugnahme auf die schematische Darstellung der Fig. 2 erläutert, in der das Lichtstrahlenbündel 112 aus Gründen der Übersichtlichkeit durch einen einzigen Lichtstrahl dargestellt ist.

Wie aus Fig. 2 zu ersehen ist, emittiert der Sender 106 unpolarisiertes Licht, welches durch die Senderoptik 114 zu dem Linearpolarisator 116 gelangt.

Den Linearpolarisator 116 passiert nur derjenige Anteil des vom Sender 106 emittierten Lichts, welcher parallel zu der Durchlaßrichtung des Linearpolarisators 116 polarisiert ist.

Dieses vertikal linear polarisierte Licht durchquert den Objektraum 105, in dem sich in dem in Fig. 2 dargestellten Fall kein zu detektierendes Objekt befindet, und trifft auf die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 auf.

Da die Polarisationsebene des auf die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 einfallenden Lichts mit der schnellen Achse 152 und mit der langsamen Achse 154 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 jeweils gleich große Winkel einschließt, wandelt die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 das einfallende (vertikal) linear polarisierte Licht in aus der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 austretendes (rechtsdrehend) zirkulär polarisiertes Licht um.

Dieses (rechtsdrehend) zirkulär polarisierte Licht wird durch den Reflektor 132 als linksdrehend zirkulär polarisiertes Licht zu der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 zurückreflektiert.

Die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 wandelt das einfallende linksdrehend zirkulär polarisierte Licht in aus der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 austretendes horizontal linear polarisiertes Licht um.

Das aus der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 austretende horizontal linear polarisierte Licht durchquert den Objektraum 105 und trifft auf das Linearpolarisationsfilter 122 in dem Eintrittsfenster 120 der Sende- und Empfangseinheit 102.

Da die Polarisationssebene des auf das Linearpolarisationsfilter 122 einfallenden Lichts mit dessen Durchgangsrichtung übereinstimmt, kann dieses Licht das Linearpolarisationsfilter 122 passieren und durch die Empfängeroptik 124 zu dem Empfänger 108 gelangen.

Der Empfänger 108 mißt die Intensität des einfallenden Lichts. Eine (nicht dargestellte und nicht näher beschriebene) Auswertungsschaltung vergleicht die gemessene Intensität mit einem vorgegebenen Schwellenwert. Bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 liegt diese Intensität oberhalb des vorgegebenen Schwellenwerts, so daß über die Datenleitung 111 ein Signal ausgegeben wird, welches die Abwesenheit des zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 anzeigt.

Gelangt ein zu detektierendes nicht-transparentes Objekt 156 (Fig. 5) so in den Objektraum 105, daß es den Lichtweg zwischen der Sende- und Empfangseinheit 102 einerseits und der Reflektoreinheit 104 andererseits unterbricht, so gelangt das vom Sender 106 emittierte Licht nicht mehr zum Reflektor 132 und kann von diesem nicht mehr reflektiert werden.

Handelt es sich bei dem zu detektierenden Objekt 156 um ein, beispielsweise metallisches, Objekt mit reflektierenden Eigenschaften, so wird das vom Sender 106 emittierte, durch den Linearpolarisator 116 vertikal linear polarisierte Licht von dem zu detektierenden Objekt 156 – unter Beibehaltung der Polarisationsrichtung – zu der Sende- und Empfangseinheit 102 zurückreflektiert, wo es auf das Linearpolarisationsfilter 122 auftrifft.

Da die Polarisationsrichtung des Lichtes durch die Reflexion an dem zu detektierenden Objekt 156 jedoch nicht gedreht wurde, steht die Polarisationsrichtung des auf das Linearpolarisationsfilter 122 einfallenden Lichts senkrecht zu dessen Durchlaßrichtung, so daß das von dem zu detektierenden Objekt 156 reflektierte Licht nicht zu dem Empfänger 108 gelangen kann.

Folglich fällt die vom Empfänger 108 gemessene Lichtintensität unter den vorgegebenen Schwellenwert ab, und über die Datenleitung 111 wird ein Signal ausgegeben, welches die Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes in dem Objektraum 105 anzeigt.

Würde es sich bei dem zu detektierenden Objekt 156 um ein Objekt handeln, welches das vom Sender 106 emittierte Lichtbündel 112 lediglich absorbiert und/oder diffus streut, so würde dessen Anwesenheit im Objektraum 105 ebenfalls zuverlässig erkannt. Da von dem zu detektierenden Objekt 156 diffus zurückgestreutes Licht depolarisiert wäre, könnte ein Anteil desselben zwar durch das Linearpolarisationsfilter 122 hindurch zum Empfänger 108 gelangen; die Intensität des diffus zurückgestreuten Lichtes wäre jedoch gegenüber der Intensität von gerichtet zurückgestreutem Licht sehr klein. Der vorgegebene Schwellenwert für die Lichtintensität wird so gewählt, daß er unterhalb der Intensität gerichtet zurückgestreuten Lichts, jedoch oberhalb der Intensität diffus zurückgestreuten Lichtes liegt. Über die Datenleitung 111 würde daher im Fall eines diffus zurückstreuenden Objektes 156 ebenfalls ein Signal ausgegeben, welches die Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes im Objektraum 105 anzeigt.

Dadurch, daß bei der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke 100 die Polarisationsrichtung des von der Sende- und Empfangseinheit 102 emittierten linear polarisierten Lichts durch die Reflektoreinheit 104 im vorstehend beschriebenen ersten Betriebsmodus bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes 156 aus dem Objektraum 105 im wesentlichen vollständig um 90° gedreht wird, ist die Intensität des durch das Linearpolarisationsfilter 122 zum Empfänger 108 gelangenden Lichts im Idealfall dop-

pelt so groß wie dies der Fall wäre, wenn die Reflektoreinheit 104 die Polarisierung des auf dieselbe einfallenden Lichtes aufheben würde.

Somit ist das Verhältnis zwischen der vom Empfänger 108 gemessenen Lichtintensität bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 zu der bei diffuser Reflexion an einem zu detektierenden Objekt gemessenen Lichtintensität, das heißt der Signal-Rausch-Abstand, in dem vorstehend beschriebenen ersten Betriebsmodus der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke 100 besonders groß.

Durch eine Erhöhung der Sendeleistung des Senders 106 könnte eine solche Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes nicht erzielt werden, da die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 gemessene Intensität und die aufgrund diffuser Reflexion an einem zu detektierenden Objekt gemessene Intensität durch eine solche Maßnahme im selben Maße zunehmen würden.

Ferner wäre es auch durch eine Erhöhung der Empfindlichkeit des Empfängers 108 nicht möglich, eine Verbesserung des Signal-Rausch-Abstandes zu erzielen, da sich auch eine solche Erhöhung der Empfindlichkeit auf das bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 und das bei diffuser Reflexion an einem zu detektierenden Objekt erhaltene Signal in gleicher Weise auswirken würde.

Beindet sich die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 in der in Fig. 4 dargestellten Stellung, in welcher die Polarisationsrichtung des einfallenden linear polarisierten Lichtes gleiche Winkel mit der schnellen Achse 152 und mit der langsamen Achse 154 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 einschließt, so wird die Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes um den maximal möglichen Betrag von 90° gedreht, wodurch die Intensität des am Empfänger 108 detektierten Lichtes maximiert wird.

Es ist jedoch auch möglich, den Winkel α zwischen der Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes und der schnellen Achse 152 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 auf einen von 45° verschiedenen Wert einzustellen.

Dies hat zur Folge, daß das einfallende linear polarisierte Licht durch die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 nicht in zirkular polarisiertes Licht, sondern im allgemeinen Fall in elliptisch polarisiertes Licht gewandelt wird; welches als elliptisch polarisiertes Licht vom Reflektor 132 zur Viertelwellenverzögerungsschicht 134 zurückreflektiert und von derselben in linear polarisiertes Licht gewandelt wird, welches gegenüber der ursprünglichen Polarisationsrichtung des Lichtes um einen Winkel von weniger als 90° gedreht ist.

Folglich kann dieses Licht nach Durchlaufen des Objektraums 105 das Linearpolarisationsfilter 122 nicht mehr vollständig, sondern nur zu einem durch die Größe des Drehwinkels α bestimmten Anteil passieren.

Die vom Empfänger 108 bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 gemessene Intensität kann somit in einfacher Weise durch Einstellen eines gewünschten Drehwinkels α an der Fassung 128 auf einen gewünschten Wert eingestellt werden. Damit ist auch der Abstand zwischen der bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 gemessenen Intensität und dem vorgegebenen Schwellenwert für die Intensität durch Verdrehen der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 einstellbar.

Insbesondere kann die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 am Empfänger 108 gemessene Intensität durch Einstellen eines geeigneten Winkels α auf einen Wert knapp oberhalb des vorgegebenen Schwellenwertes eingestellt werden, so daß die am Empfän-

ger 108 gemessene Lichtintensität bereits dann den vorgegebenen Schwellenwert unterschreitet, wenn ein nur schwach absorbierendes zu detektierendes Objekt 156 in den Objektraum 105 eingeführt wird.

Um im wesentlichen transparente, jedoch eine depolarisierende Wirkung aufweisende zu detektierende Objekte im Objektraum 105 zu detektieren, kann der im folgenden beschriebene zweite Betriebsmodus der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke 100 verwendet werden.

Zum Betrieb der ersten Ausführungsform der Reflexionslichtschranke 100 in diesem zweiten Betriebsmodus wird die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 durch Drehen der Fassung 128 mittels des Handgriffs 136 in die in Fig. 7 dargestellte Stellung gebracht, in welcher die schnelle Achse 152 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 parallel zu der Polarisationsrichtung des auf die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 von der Sende- und Empfangseinheit 102 her einfallenden Lichtes und die langsame Achse 154 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 senkrecht zu dieser Polarisationsrichtung ausgerichtet ist. In dieser Stellung beträgt der Winkel α zwischen der schnellen Achse 152 und der Polarisationsrichtung des einfallenden Lichtes demnach 0° .

Wie in Fig. 6 dargestellt ist, passiert das von der Sende- und Empfangseinheit 102 emittierte Licht in diesem zweiten Betriebsmodus die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 ohne Änderung der Polarisationsrichtung.

Das die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 verlassende vertikal linear polarisierte Licht wird von dem Reflektor 132 unter Erhaltung der Polarisationsrichtung zu der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 zurückreflektiert und passiert die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 wiederum, ohne die Polarisationsrichtung zu ändern.

Das im Falle der Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 auf das Linearpolarisationsfilter 122 auftreffende Licht ist somit senkrecht zur Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters 122 linear polarisiert, so daß dieses Licht das Linearpolarisationsfilter 122 nicht passieren kann.

Am Empfänger 108 wird daher bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 eine minimale Intensität gemessen.

Wird ein im wesentlichen transparentes, jedoch depolarisierendes zu detektierendes Objekt 158 in den Objektraum 105 eingeführt, wie in Fig. 8 dargestellt, so wird das von der Sende- und Empfangseinheit 102 emittierte vertikal linear polarisierte Licht beim Durchgang durch das depolarisierende Objekt 158 depolarisiert, das heißt es weist nach Durchgang durch das depolarisierende Objekt 158 auch Anteile auf, welche in anderen als der vertikalen Polarisationsrichtung polarisiert sind.

Diese Depolarisation des Lichtes bleibt beim Durchgang durch die Viertelwellenverzögerungsschicht 134, der Reflexion an dem Reflektor 132 und dem erneuten Durchgang durch die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 erhalten.

Beim erneuten Durchlaufen des depolarisierenden Objektes 158 wird die Depolarisation des Lichtes noch weiter verstärkt, so daß das am Linearpolarisationsfilter 122 eintreffende Licht eine Komponente aufweist, welche parallel zu der horizontalen Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters 122 polarisiert ist.

Ein Teil dieses Lichtes kann somit das Linearpolarisationsfilter 122 passieren und zum Empfänger 108 gelangen. Am Empfänger 108 wird somit bei Anwesenheit eines depolarisierenden Objektes 158 im Objektraum 105 eine erhöhte Lichtintensität gemessen.

Ein Schwellenwert für die gemessene Lichtintensität wird im zweiten Betriebsmodus so vorgegeben, daß er zwischen

der bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 gemessenen Intensität und der bei Anwesenheit eines depolarisierenden Objektes 158 in dem Objektraum 105 gemessenen Intensität liegt.

Bei Überschreiten dieses vorgegebenen Schwellenwertes wird über die Datenleitung 111 ein Signal ausgegeben, welches die Anwesenheit eines (depolarisierenden) zu detektierenden Objektes im Objektraum 105 anzeigt.

In diesem zweiten Betriebsmodus der ersten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 ist es somit möglich, transparente Folien oder Klarglas, welche Licht nur geringfügig absorbieren, jedoch eine depolarisierende Wirkung aufweisen, zuverlässig zu detektieren.

Bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 wird ein kreisförmiger Reflektor 132 verwendet.

Wird eine Retroreflexionsfolie 130 als Reflektor 132 verwendet, so kann diese jedoch in jeder beliebigen Form zugeschnitten werden.

Besonders günstig ist es, wenn die Retroreflexionsfolie 130 in der Weise zugeschnitten wird, daß sie in Gestalt und Größe dem von einem zu detektierenden Objekt am Ort des Reflektors 132 erzeugten Schattenbild entspricht.

Dadurch wird erreicht, daß das gesamte zu der Sende- und Empfangseinheit 102 zurückgelangende Detektionslicht bei Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes 156 oder 158 in dem Objektraum 105 durch dieses Objekt modifiziert, das heißt an diesem Objekt gestreut oder reflektiert oder durch dieses Objekt depolarisiert worden ist. Hingegen gelangt in diesem Fall im wesentlichen kein Licht mehr ungestört von der Sende- und Empfangseinheit 102 zu der Reflektoreinheit 104 und von dieser zurück zur Sende- und Empfangseinheit 102. Der Abstand der vom Empfänger 108 bei Anwesenheit des zu detektierenden Objektes 156 oder 158 einerseits und bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 andererseits gemessenen Intensitäten wird daher durch die Abstimmung der Form und Größe des Reflektors 132 auf das Schattenbild des zu detektierenden Objektes maximiert.

Eine in den Fig. 9 bis 11 dargestellte zweite Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 unterscheidet sich von der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform dadurch, daß die Sende- und Empfangseinheit 102 statt eines Linearpolarisators und eines Linearpolarisationsfilters ein Zirkularpolarisationsfilter 160 umfaßt.

Wie aus den Fig. 9 und 10 zu ersehen ist, ist das Zirkularpolarisationsfilter 160 in einem Austritts- und Eintrittsfenster 162 des Gehäuses 110 zwischen der Senderoptik 114 und der Empfängeroptik 124 einerseits und dem Objektraum 105 andererseits angeordnet.

Das Zirkularpolarisationsfilter 160 kann, wie in Fig. 10 dargestellt, aus einer Viertelwellenverzögerungsschicht 164 und einem zwischen der Viertelwellenverzögerungsschicht 164 und der Senderoptik 114 sowie der Empfängeroptik 124 angeordneten Linearpolarisationsfilter 166 aufgebaut sein. Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist die Durchgangsrichtung des Linearpolarisationsfilters 166 vertikal ausgerichtet.

Ein weiterer Unterschied zwischen der zweiten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 und der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform besteht darin, daß die Fassung 128, in der der Reflektor 132 und die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 gehalten sind, nicht drehbar an einer Sockelplatte, sondern ortsfest direkt an einer (nicht dargestellten) Wand oder Stütze angeordnet ist. Die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 ist somit bei der zweiten Ausführungsform nicht um die Achse der Fassung 128

drehbar. Zwar könnte auch bei der zweiten Ausführungsform eine um ihre Achse drehbare Fassung 128 verwendet werden, doch wäre eine solche Drehbarkeit der Fassung 128 nicht von Nutzen, wie sich aus der folgenden Beschreibung der Funktionsweise der zweiten Ausführungsform ergeben wird.

Im übrigen stimmt die zweite Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 mit der vorstehend beschriebenen ersten Ausführungsform überein.

Die zweite Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 funktioniert wie folgt:

Im Betrieb der Reflexionslichtschranke 100 emittiert der Sender 106 ein Strahlenbündel 112 zunächst unpolarisierten Lichts, welches in den Fig. 10 und 11 aus Gründen der Übersichtlichkeit als einzelner Lichtstrahl dargestellt ist.

Das vom Sender 106 emittierte Licht durchläuft die Senderoptik 114, durch welche die Divergenz des Strahlenbündels 112 in gewünschter Weise eingestellt wird.

Im Anschluß an die Senderoptik 114 durchläuft das emittierte Licht das Zirkularpolarisationsfilter 160, aus dem ein zirkular polarisierter Anteil des emittierten Lichts austritt. Im hier beschriebenen Beispiel ist das aus dem Zirkularpolarisationsfilter 160 austretende Licht rechtsdrehend zirkular polarisiert.

Wie aus Fig. 10 ersichtlich ist, kommt die zirkuläre Polarisation dadurch zustande, daß nur der parallel zu der Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters 166 polarisierte Anteil des vom Sender 106 emittierten Lichts durch das Linearpolarisationsfilter 166 zu der Viertelwellenverzögerungsschicht 164 gelangen kann. Die Viertelwellenverzögerungsschicht 164 ist so ausgerichtet, daß die schnelle Achse und die langsame Achse der Viertelwellenverzögerungsschicht 164 jeweils gleich große Winkel mit der Polarisationsrichtung des einfallenden linear polarisierten Lichts einschließen, so daß dieses einfallende linear polarisierte Licht durch die Viertelwellenverzögerungsschicht 164 in zirkular polarisiertes Licht umgewandelt wird.

Das aus dem Zirkularpolarisationsfilter 160 austretende Licht durchquert den Objektraum 105, trifft auf die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 und wird von derselben in linear polarisiertes Licht umgewandelt.

Das aus der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 austretende linear polarisierte Licht wird von dem Reflektor 132 unter Erhaltung der Polarisationsrichtung zu der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 zurückreflektiert und von dieser wieder in rechtsdrehend zirkular polarisiertes Licht umgewandelt.

Das aus der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 austretende rechtsdrehend zirkular polarisierte Licht durchquert den Objektraum 105 und gelangt zu dem Zirkularpolarisationsfilter 160, welches das rechtsdrehend zirkular polarisierte Licht in vertikal linear polarisiertes Licht umwandelt, welches durch die Empfängeroptik 124 auf den Empfänger 108 fokussiert wird.

Wie aus Fig. 10 zu ersehen ist, wandelt dabei die Viertelwellenverzögerungsschicht 164 das einfallende rechtsdrehend zirkular polarisierte Licht in vertikal linear polarisiertes Licht um, welches das Linearpolarisationsfilter 166 mit vertikaler Durchlaßrichtung ungehindert passieren kann.

Bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 mißt der Empfänger 108 demnach eine Lichtintensität, die oberhalb eines vorgegebenen Schwellenwerts liegt. Über die Datenleitung 111 wird daher in diesem Fall ein Signal ausgegeben, welches die Abwesenheit eines zu detektierenden Objektes aus dem Objektraum 105 anzeigt.

Gelangt ein zu detektierendes Objekt 156 mit einer ge-

richtet reflektierenden Oberfläche, beispielsweise ein metallisches Objekt, in den Objektraum 105, wie in Fig. 11 dargestellt, so wird das aus dem Zirkularpolarisationsfilter 160 der Sende- und Empfangseinheit 102 austretende Licht von dem zu detektierenden Objekt 156 zu dem Zirkularpolarisationsfilter 160 zurückreflektiert, wobei sich die Drehrichtung des zirkular polarisierten Lichts umkehrt.

Das auf das Zirkularpolarisationsfilter 160 auffallende linksdrehend zirkular polarisierte Licht kann das Zirkularpolarisationsfilter 160 nicht passieren, so daß das von dem zu detektierenden Objekt 156 gerichtet reflektierte Licht nicht den Empfänger 108 erreicht.

Wie aus Fig. 11 zu ersehen ist, wandelt die Viertelwellenverzögerungsschicht 164 des Zirkularpolarisationsfilters 160 das einfallende linksdrehend zirkular polarisierte Licht nämlich in horizontal linear polarisiertes Licht um. Da die Polarisationsrichtung dieses Lichts senkrecht zu der Durchlaßrichtung des Linearpolarisationsfilters 166 ausgerichtet ist, kann dieses Licht das Linearpolarisationsfilter 166 nicht passieren.

Der Empfänger 108 mißt darum eine geringe Lichtintensität, die unterhalb des vorgegebenen Schwellenwerts liegt. Über die Datenleitung 111 wird daher ein Signal ausgegeben, welches die Anwesenheit eines zu detektierenden Objektes im Objektraum 105 anzeigt.

Da bei der zweiten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 das durch den Objektraum 105 gesandte, auf die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 auftreffende Licht nicht linear, sondern zirkular polarisiert ist, spielt es keine Rolle, wie die schnelle Achse 152 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 ausgerichtet ist. Das eintreffende zirkular polarisierte Licht wird stets in linear polarisiertes Licht umgewandelt, dessen Polarisationsrichtung mit der schnellen Achse 152 der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 einen Winkel von 45° einschließt. Dieses linear polarisierte Licht wird von dem Reflektor 132 unter Erhaltung der Polarisationsrichtung zu der Viertelwellenverzögerungsschicht 134 zurückreflektiert, welche dieses Licht stets in zirkular polarisiertes Licht mit derselben Drehrichtung wie das einfallende zirkular polarisierte Licht zurückwandelt.

Die zweite Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 ist darum einfacher handhabbar, da die Viertelwellenverzögerungsschicht 134 der Reflektoreinheit 104 nicht eine vorgegebene Ausrichtung haben muß.

Ferner ist die Sende- und Empfangseinheit 102 der zweiten Ausführungsform einfacher herstellbar, da statt eines Linearpolarisators und eines Linearpolarisationsfilters, deren Durchlaßrichtungen genau senkrecht zueinander ausgerichtet sein müssen, lediglich ein einziges Zirkularpolarisationsfilter montiert werden muß, dessen Orientierung überdies keine Rolle spielt. Dadurch wird die Fertigung der Sende- und Empfangseinheit 102 wesentlich vereinfacht.

Das Zirkularpolarisationsfilter 160 kann bereits vor der Montage im Gehäuse 110 der Sende- und Empfangseinheit 102 mit dem Sender 106 (beispielsweise einer LED) und/oder dem Empfänger 108 (beispielsweise einer Photodiode oder einem Phototransistor) verbunden, beispielsweise auf diese Bauteile aufgeklebt, werden, da die spätere Ausrichtung des Zirkularpolarisationsfilters 160 in Bezug auf das Gehäuse 110 der Sende- und Empfangseinheit 102 oder in Bezug auf die Reflektoreinheit 104 keine Rolle spielt.

Da die Ausrichtung des Zirkularpolarisationsfilters 160 unkritisch ist, können auch Sende- und Empfangseinheiten unpolarisierter Reflexionslichtschranken in einfacher Weise nachgerüstet werden, indem das Zirkularpolarisationsfilter 160 von außen so an einer solchen Sende- und Empfangseinheit angeordnet wird, daß sowohl das Austrittsfenster als

auch das Eintrittsfenster der jeweiligen Sende- und Empfangseinheit von dem Zirkularpolarisationsfilter überdeckt wird. Die Störsicherheit einer in dieser Weise nachgerüsteten Reflexionslichtschranke gegenüber gerichtet reflektierenden zu detektierenden Objekten wird hierdurch erheblich verbessert.

Eine in Fig. 12 dargestellte dritte Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 unterscheidet sich von der vorstehend beschriebenen zweiten Ausführungsform dadurch, daß die Sende- und Empfangseinheit bei der dritten Ausführungsform als Autokollimationssystem ausgebildet ist, das heißt, der vom Sender 106 emittierte Strahl und der von der Reflektoreinheit 104 zurückreflektierte Strahl verlaufen innerhalb der Sende- und Empfangseinheit 102 längs derselben optischen Achse.

Wie aus Fig. 12 zu ersehen ist, ist bei der dritten Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 in der Sende- und Empfangseinheit statt einer Senderoptik 114 und einer Empfängeroptik 124 nur eine einzige Sende- und Empfängeroptik 168 vorgesehen, welche sowohl von dem emittierten Strahlenbündel 112 als auch von dem zurückreflektierten Strahlenbündel durchlaufen wird.

Zwischen dem Sender 106 und der Sende- und Empfängeroptik 168 ist ein Strahlteiler 170 angeordnet, welcher einen Teil der Intensität des einlaufenden Strahlbündels zu dem Empfänger 108 reflektiert.

Auf diese Weise ist es möglich, mittels ein und derselben Sende- und Empfängeroptik 168 die Divergenz des emittierten Strahlenbündels zu verringern und das einlaufende Strahlenbündel auf den Empfänger 108 zu fokussieren.

Im übrigen stimmt die dritte Ausführungsform einer Reflexionslichtschranke 100 hinsichtlich Aufbau und Funktion mit der vorstehend beschriebenen zweiten Ausführungsform überein.

Patentansprüche

1. Reflexionslichtschranke zum Detektieren eines Objekts (156, 158) in einem Objektraum (105), umfassend eine Sendeeinheit zum Emittieren von polarisiertem Licht über den Objektraum (105) hinweg, welche einen Sender (106) umfaßt, einen Reflektor (132) zum Reflektieren des über den Objektraum (105) hinweg emittierten Lichtes und einen Empfänger (108) zum Detektieren des vom Reflektor (132) reflektierten Lichts, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionslichtschranke (100) eine doppelbrechende Schicht umfaßt, die im Lichtweg zwischen dem Objektraum (105) und dem Reflektor (132) angeordnet ist.
2. Reflexionslichtschranke nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht als Viertelwellenverzögerungsschicht (134) ausgebildet ist.
3. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht um deren optische Achse drehbar ist.
4. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht in einer Fassung (128) gehalten ist und die Fassung mit einer Markierung (138) zur Anzeige der Ausrichtung der doppelbrechenden Schicht versehen ist.
5. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht drehfest mit dem Reflektor (132) verbunden ist.
6. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor ei-

nen Anteil von mindestens ungefähr 80% des auf den Reflektor einfallenden linear polarisierten Lichts unter Erhaltung der Polarisationsrichtung reflektiert.

7. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) die Drehrichtung auf den Reflektor einfallenden zirkular polarisierten Lichtes umkehrt.

8. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) als Retroreflektor ausgebildet ist.

9. Reflexionslichtschranke nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) eine Retroreflexionsfolie (130) umfaßt.

10. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) in Form und Ausdehnung dem Schattenbild des zu detektierenden Objekts (156) am Ort des Reflektors entspricht.

11. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Sender als eine Laserlichtquelle ausgebildet ist.

12. Reflexionslichtschranke nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Laserlichtquelle linear polarisiertes Licht emittiert.

13. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflexionslichtschranke (100) ein Zirkularpolarisationsfilter (160) umfaßt, das im Lichtweg zwischen dem Sender (106) und dem Objektraum (105) und zwischen dem Objektraum (105) und dem Empfänger (108) angeordnet ist.

14. Reflexionslichtschranke nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Zirkularpolarisationsfilter (160) mit einer kratzunempfindlichen Abdeckung, insbesondere einer Abdeckung aus Polymethylmethacrylat, versehen ist.

15. Reflexionslichtschranke nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Abdeckung eine Beschichtung aus Polysiloxan aufweist.

16. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß das Zirkularpolarisationsfilter (160) an dem Sender (106) angeordnet, insbesondere auf den Sender aufgeklebt, ist.

17. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 13 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Zirkularpolarisationsfilter (160) an dem Empfänger (108) angeordnet, insbesondere auf den Empfänger aufgeklebt, ist.

18. Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 13 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß das Zirkularpolarisationsfilter in einer Fassung gehalten ist, welche lösbar an einem Gehäuse der Sendeeinheit gehalten ist.

19. Reflektoreinheit für eine Reflexionslichtschranke nach einem der Ansprüche 1 bis 18, umfassend einen Reflektor (132) zum Reflektieren des über den Objektraum (105) hinweg emittierten Lichtes, dadurch gekennzeichnet, daß die Reflektoreinheit eine doppelbrechende Schicht (134) umfaßt, die im Lichtweg zwischen dem Objektraum (105) und dem Reflektor (132) angeordnet ist.

20. Reflektoreinheit nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht als Viertelwellenverzögerungsschicht (134) ausgebildet ist.

21. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht um ihre optische Achse drehbar ist.

22. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht in einer Fassung (128) gehalten ist und die Fassung mit einer Markierung (138) versehen ist, die die Ausrichtung der doppelbrechenden Schicht anzeigt. 5
23. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht drehfest mit dem Reflektor (132) verbunden ist.
24. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) einen Anteil von mindestens ungefähr 80% des auf den Reflektor (132) einfallenden linear polarisierten Lichts unter Erhaltung der Polarisationsrichtung reflektiert. 10
25. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) die Drehrichtung auf den, Reflektor einfallenden zirkular polarisierten Lichts umkehrt. 15
26. Reflektoreinheit nach einem der Ansprüche 19 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) als Retroreflektor ausgebildet ist. 20
27. Reflektoreinheit nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Reflektor (132) eine Retroreflexionsfolie (130) umfaßt.
28. Verfahren zum Detektieren eines Objekts (156, 25 158) in einem Objektraum (105) mittels einer Reflexionslichtschranke (100), bei dem von einer Sendeeinheit (102) polarisiertes Licht über den Objektraum (105) hinweg emittiert wird, das über den Objektraum (105) hinweg gelangte Licht 30 mittels eines Reflektors (132) reflektiert wird, das vom Reflektor (132) reflektierte Licht mittels eines Polarisationsfilters gefiltert wird und das vom Polarisationsfilter gefilterte Licht mittels eines Empfängers (108) detektiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das über den Objektraum (105) hinweg gelangte Licht vor und nach der Reflexion an dem Reflektor (132) durch eine doppelbrechende Schicht geführt wird. 35
29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet, daß eine als Viertelwellenverzögerungsschicht (134) ausgebildete doppelbrechende Schicht verwendet wird. 40
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 28 oder 29, dadurch gekennzeichnet, daß das von der Sendeeinheit (102) emittierte Licht linear polarisiert ist, das vom Reflektor (132) reflektierte Licht mittels eines Linearpolarisationsfilters (122) gefiltert wird und die doppelbrechende Schicht relativ zu der Polarisationsrichtung des von der Sendeeinheit (102) emittierten linear polarisierten Lichts so ausgerichtet wird, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger (108) detektierte Lichtintensität nahe einer vorgegebenen Schwellenintensität liegt. 45
31. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht so ausgerichtet wird, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger (108) detektierte Lichtintensität knapp oberhalb der vorgegebenen Schwellenintensität liegt. 50
32. Verfahren nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß die doppelbrechende Schicht so ausgerichtet wird, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger (108) detektierte Lichtintensität im wesentlich minimal wird. 55
33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, daß die bei Abwesenheit eines zu detektierenden Objekts vom Empfänger detektierte Lichtintensität 60

knapp unterhalb einer vorgegebenen Schwellenintensität liegt.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

FIG.1

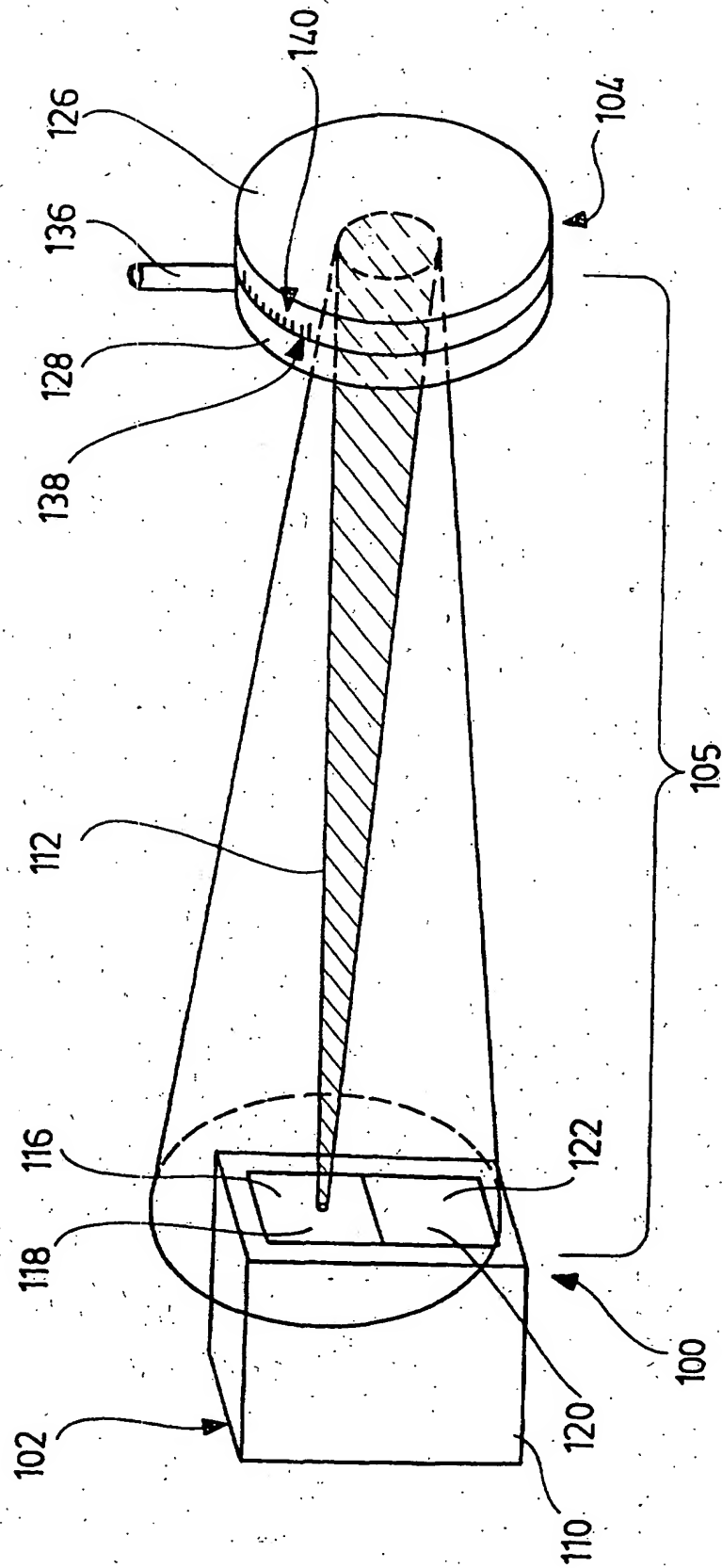


FIG. 2

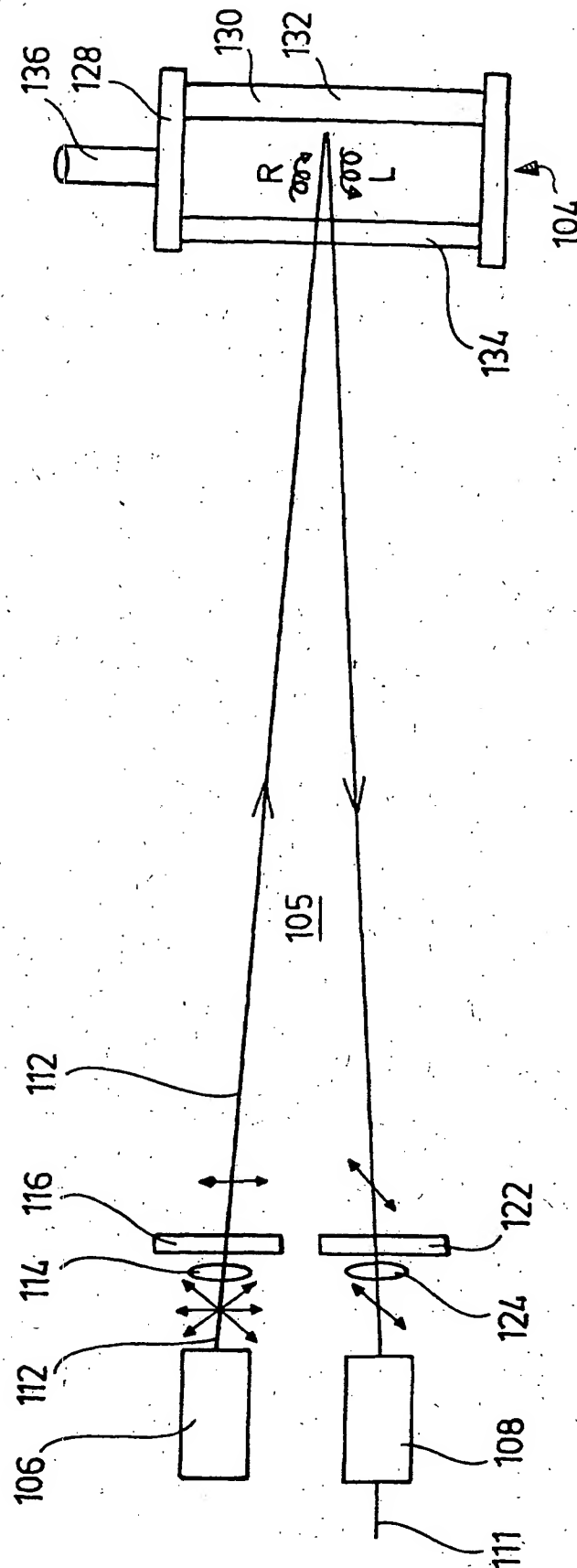


FIG. 3

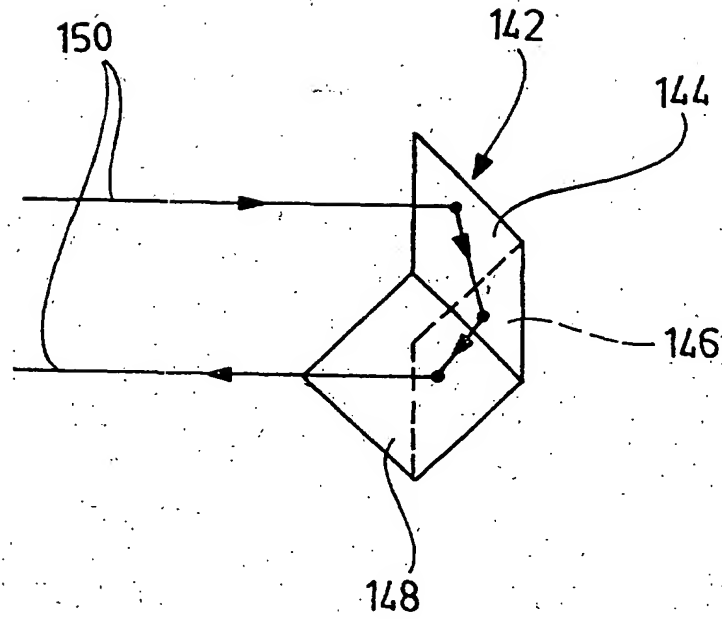


FIG. 4

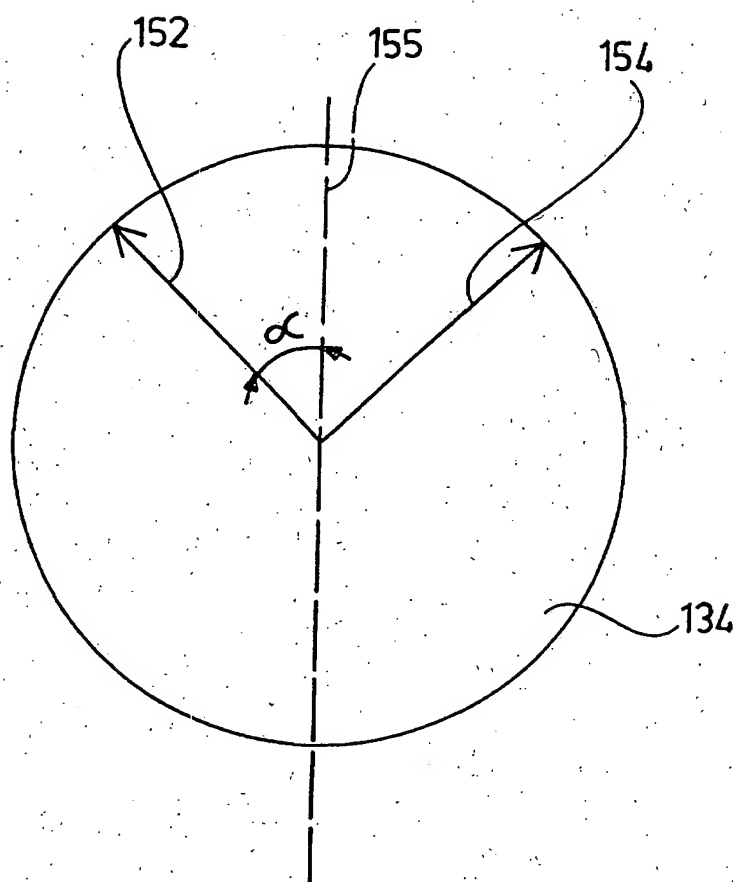


FIG. 5

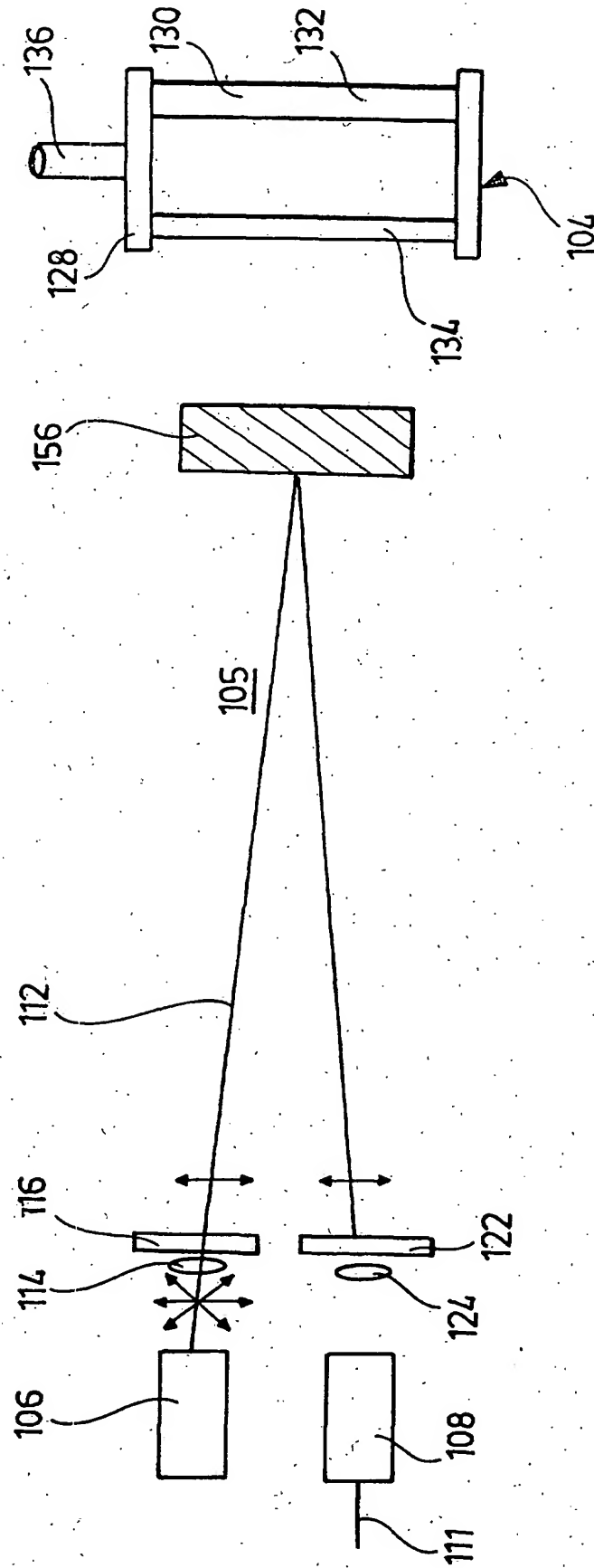


FIG. 6

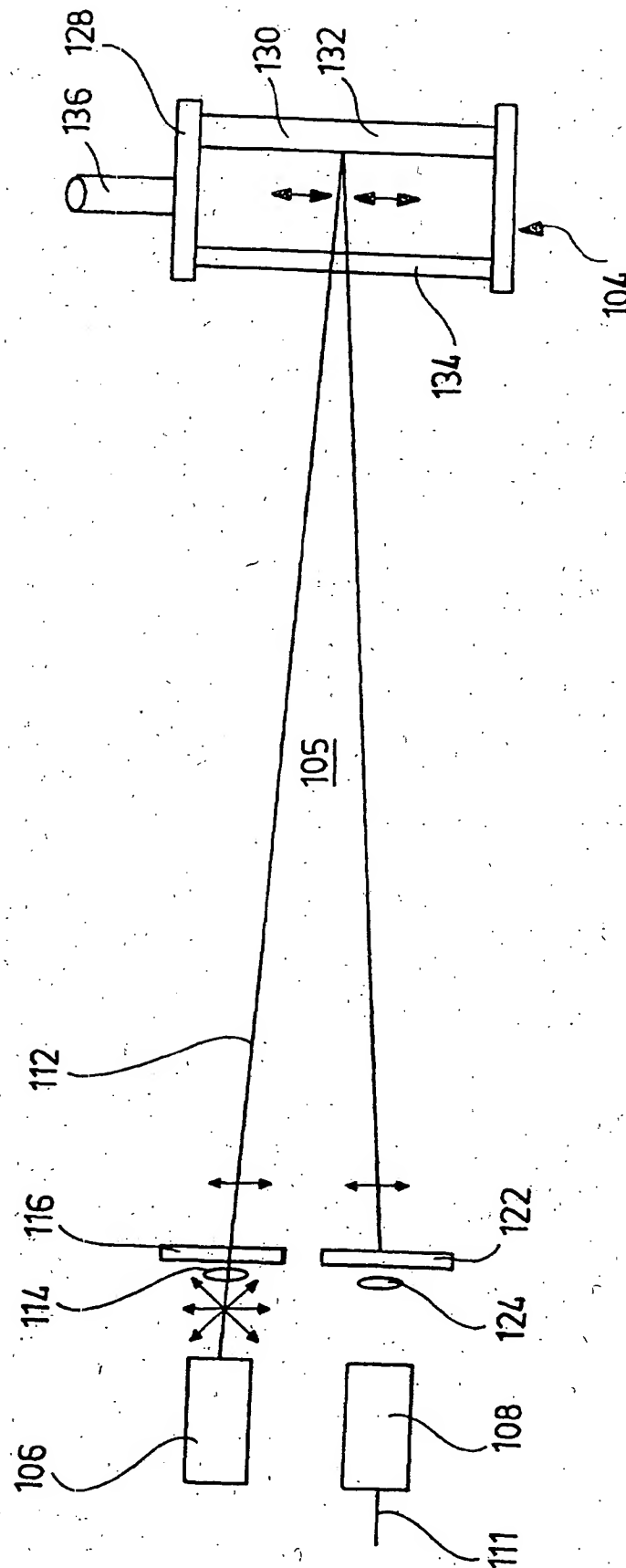


FIG. 7

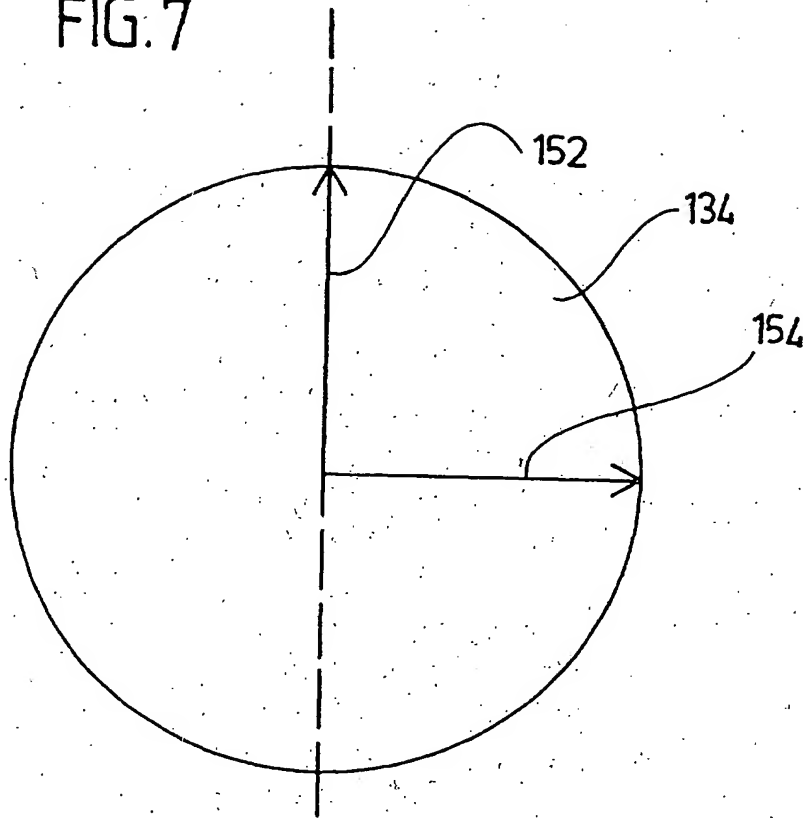


FIG. 8

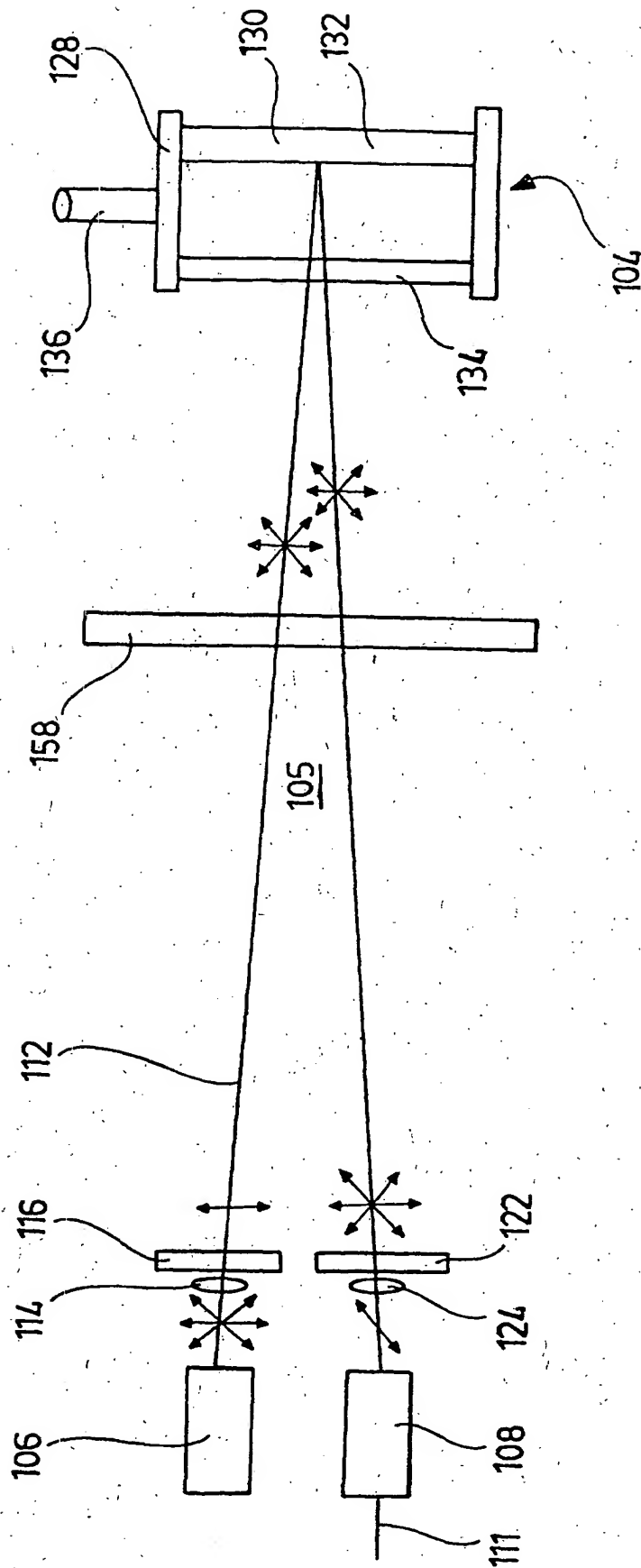


FIG. 9

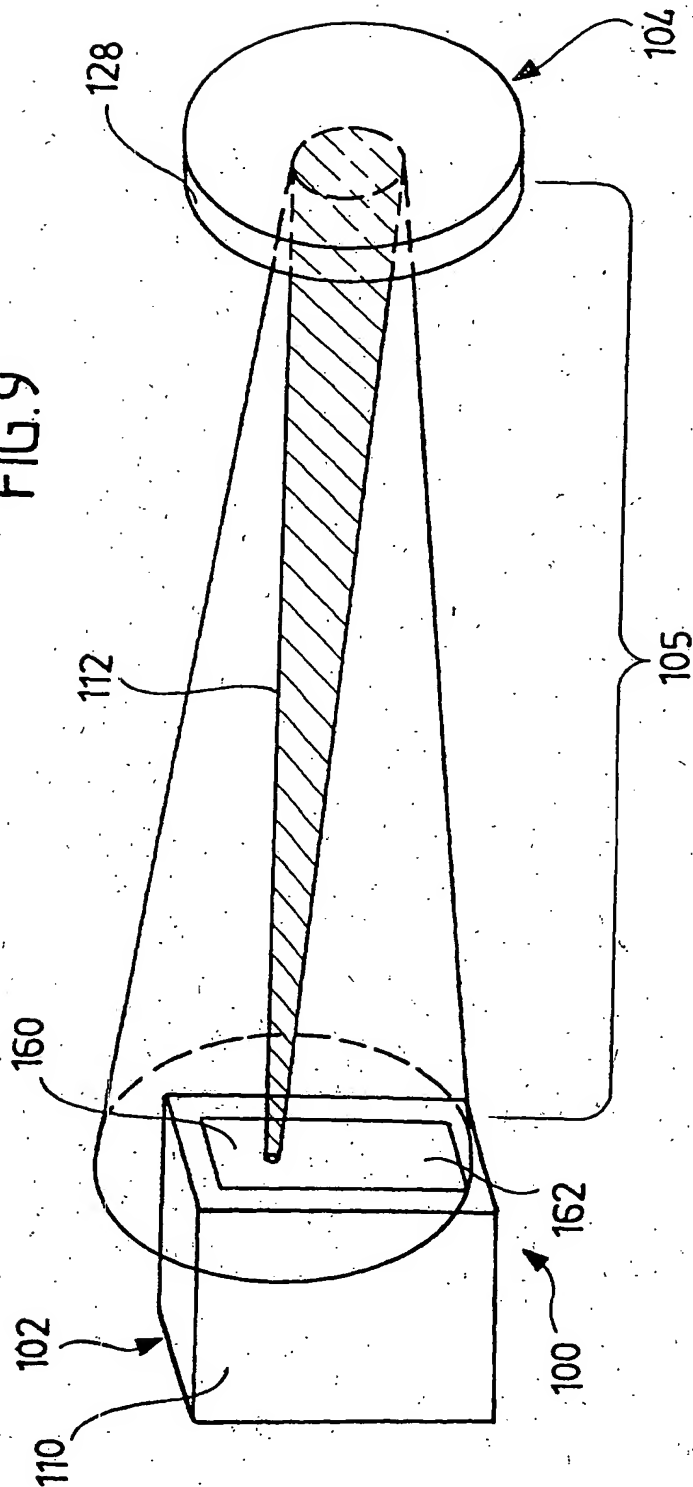


FIG. 10

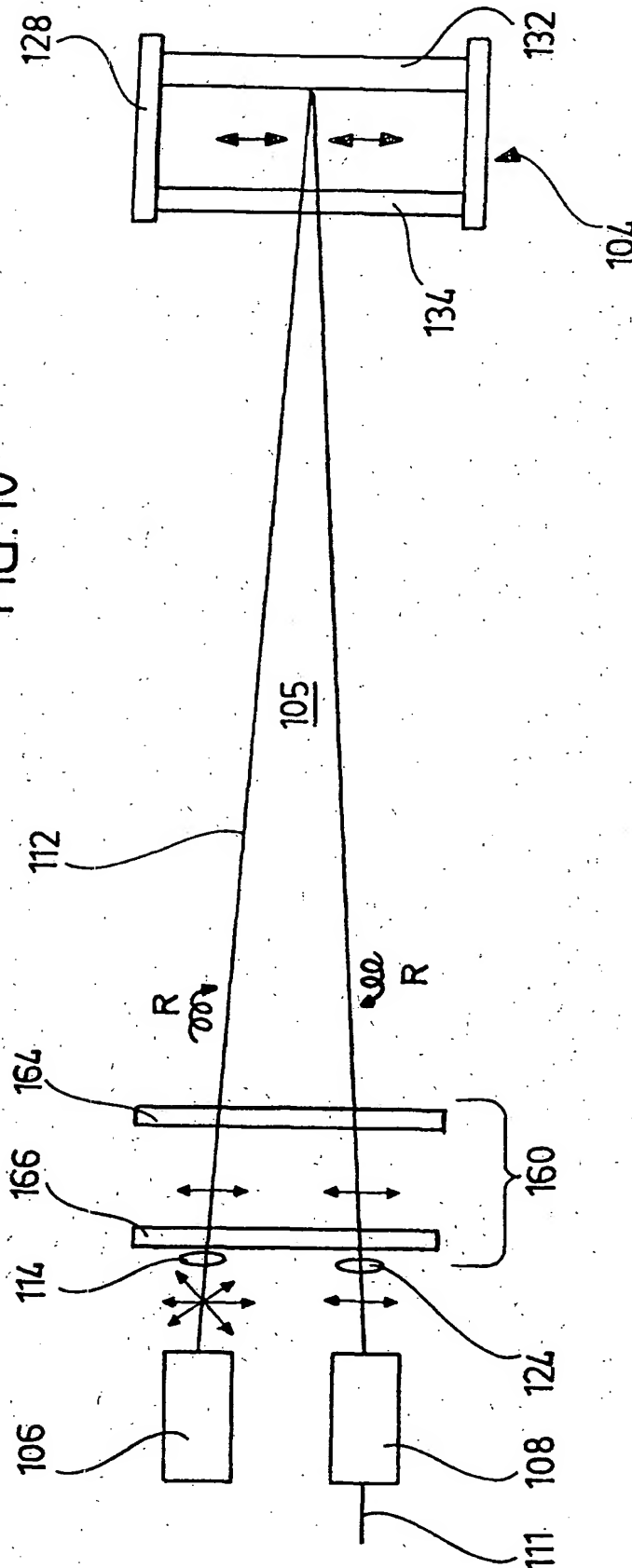
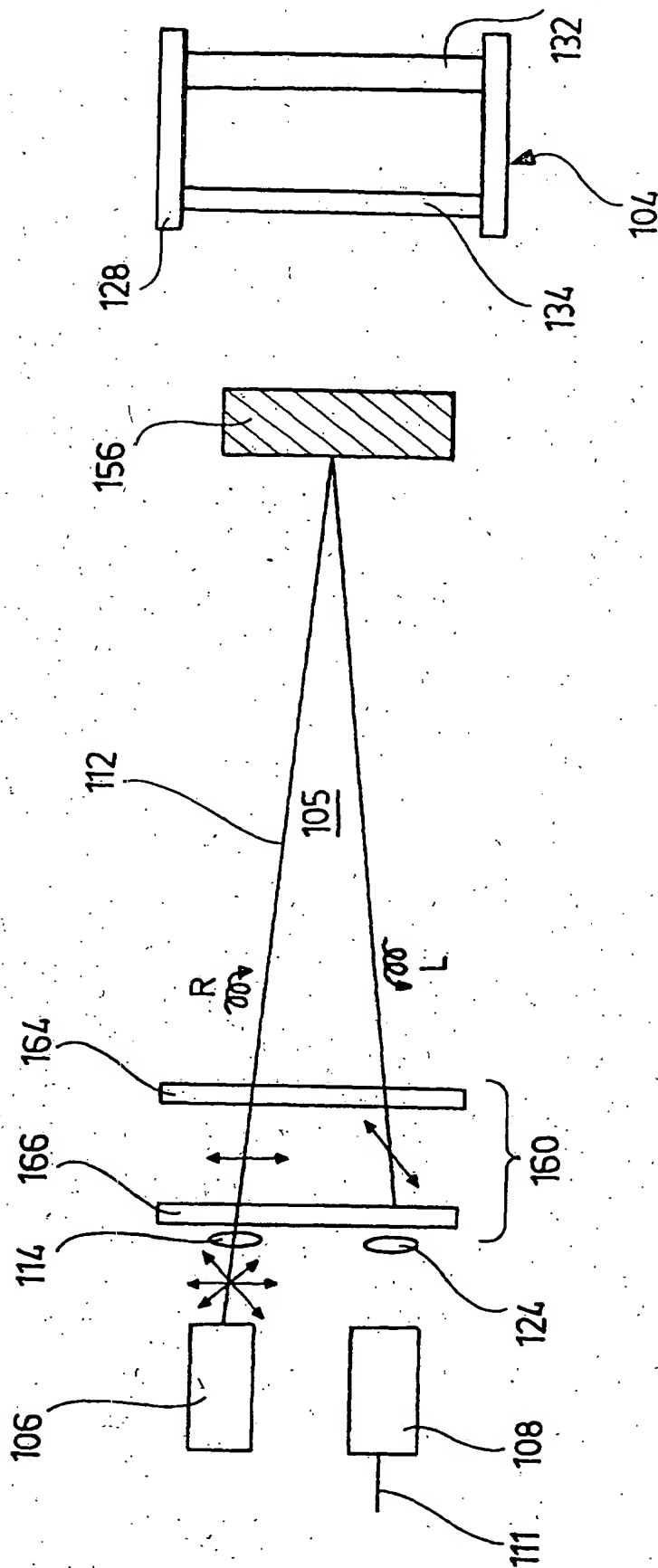


FIG. 11



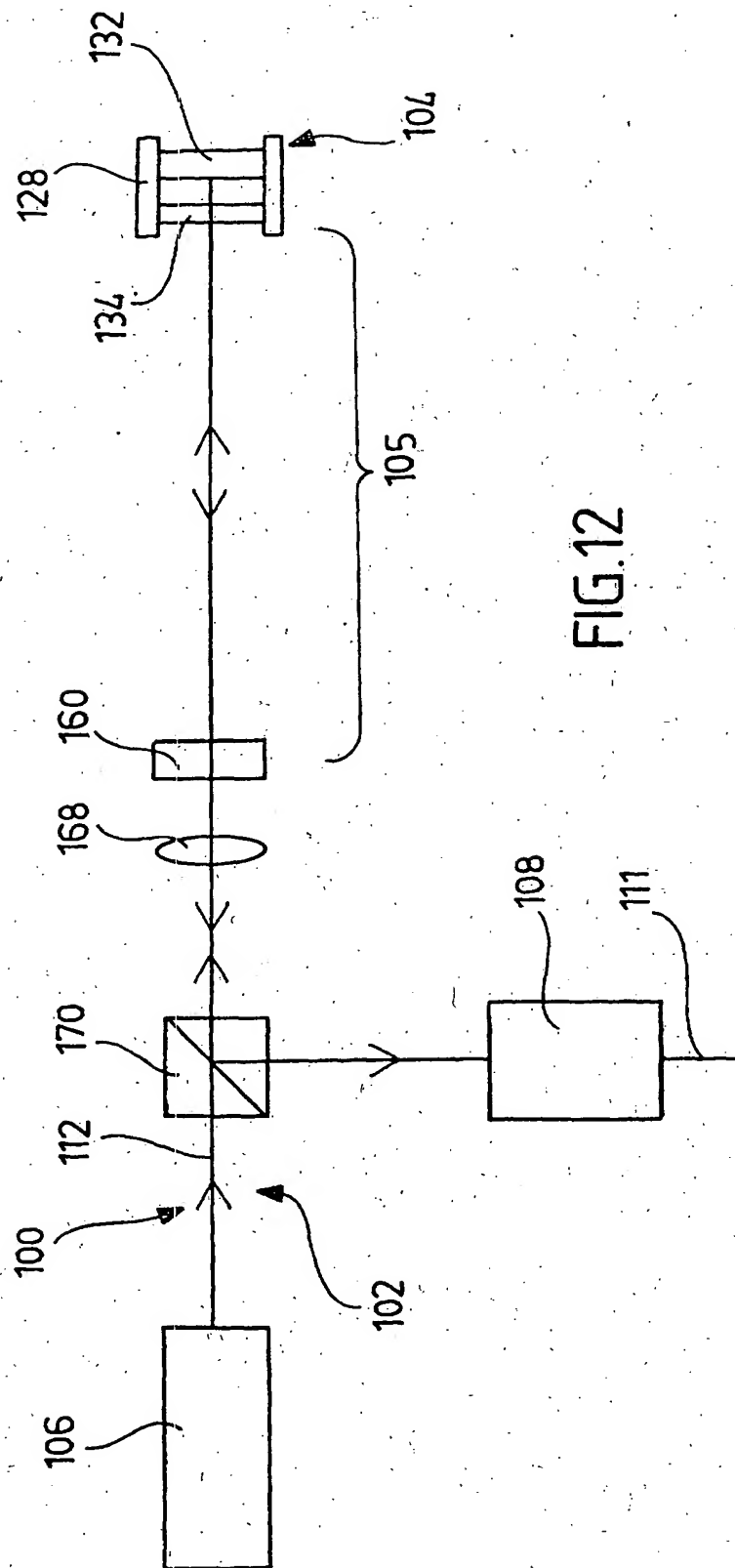


FIG. 12